



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**IDENTIFIKACE PLOCH ROZHODUJÍCÍCH
Z HLEDISKA TVORBY POVRCHOVÉHO ODTOKU
A TRANSPORTU SPLAVENIN VE VYBRANÝCH
K.Ú. V POVODÍ ONDŘEJNICE**

IDENTIFICATION OF AREAS THAT ARE DECISIVE IN TERMS OF SURFACE RUNOFF
AND TRANSPORT OF SPILLS IN SELECTED AREAS IN THE ONDŘEJNICE CATCHMENT
AREA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Kološ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ,
CSc.**

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jakub Kološ
Název	Identifikace ploch rozhodujících z hlediska tvorby povrchového odtoku a transportu splavenin ve vybraných k.ú. v povodí Ondřejnice
Vedoucí práce	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018
V Brně dne 30. 11. 2017	

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček, M. a kol. Ochrana zemědělské půdy před erozí: Metodika. Praha: ČZU 2012, ISBN 978-80-87415-42-9
3. Toy, T.J., Foster, G.R. a Renard, K.G. Soil erosion: processes, prediction, measurement and control. New York: Wiley, 2002, 352 p. ISBN 0-471-38369-4.
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, ČZU Praha 1997

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Na základě GIS analýz s využitím DMT a erozních a hydrologických nástrojů ArcGIS, proveďte ve vybraných k.ú. v povodí Ondřejnice identifikaci ploch rozhodujících z hlediska tvorby povrchového odtoku a transportu splavenin.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je teoreticky i prakticky zaměřena na erozi. Jejím cílem je analýza a vyhodnocení probíhající vodní eroze ve třech katastrálních územích povodí Ondřejnice. Pro účely práce bylo využito modelové analýzy za pomoci programů ArcGIS, DesQ-MaxQ a jiných v kombinaci s hodnotící metodou USLE. Výsledky modelování byly srovnány s výsledky terénního průzkumu území a debatami místních znalců. Souhrnně se podařilo vytipovat jednak místa, kde vodní eroze může způsobovat problémy a jednak lokality, které jsou jí nejvíce ohroženy. Provedená studie může případně posloužit jako podkladní materiál pro řešení problémů způsobovaných vodní erozí v obcích Hukvaldy a Fryčovice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Eroze, kritický bod, USLE, dráhy soustředěného odtoku, ztráta půdy, Ondřejnice, Hukvaldy, Fryčovice

ABSTRACT

This Bachelor's thesis is concentrated theoretically and practically on erosion. The aim of this work is to analyse and evaluate ongoing erosion in land register areas in Ondřejnice catchment area. Model analysis using ArcGIS, DesQ-MaxQ and others combined with USLE evaluation method were used to the purpose of this work. Results of model analysis were compared to results of the field exploration and debate with local experts. In conclusion we were able to select not only places where the water erosion can cause the problem, but also areas which are the most in danger. The study can be eventually used as a basis in case of solving the problems caused by water erosion in villages Hukvaldy and Fryčovice.

KEYWORDS

Erosion, critical point, USLE, pathways of concentrated surface runoff, soil loss, Ondřejnice, Hukvaldy, Fryčovice

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Jakub Kološ *Identifikace ploch rozhodujících z hlediska tvorby povrchového odtoku a transportu splavenin ve vybraných k.ú. v povodí Ondřejnice*. Brno, 2018. 62 s., 20 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2018

Jakub Kološ

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Těmito několika slovy bych rád poděkoval svému vedoucímu, prof. Ing. Miroslavu Dumbrovskému, CSc. za odborné vedení, užitečné praktické rady a vstřícný přístup při vypracovávání bakalářské práce. Ing. Martině Kulihové děkuji zejména za pomoc při práci v programu ArcGIS. V neposlední řadě patří velký dík mé drahé a rodině, která mi byla po celá léta oporou.

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Popis problematiky	11
2.1	Eroze	11
2.1.1	Větrná eroze.....	11
2.1.2	Sněhová eroze	12
2.1.3	Vodní eroze	12
2.2	Splaveniny	13
2.3	Kritické body.....	14
2.4	Přípustná ztráta půdy vodní erozí	14
3	Popis řešeného území	16
3.1	Obecná charakteristika	16
3.2	Klimatické podmínky	16
3.3	Hydrologické poměry	16
3.4	Geologické poměry.....	18
3.5	Pedologické poměry	18
3.6	Využití půdy	21
4	Popis použitých nástrojů a metod	22
4.1	ArcGIS	22
4.1.1	Digitální model terénu.....	22
4.1.2	Směry a akumulace odtoku	22
4.1.3	Jiné	23
4.2	USLE.....	23
4.2.1	R – faktor	23
4.2.2	K – faktor	24
4.2.3	LS – faktor.....	24
4.2.4	C – faktor	25
4.2.5	P – faktor	25
4.2.6	Stanovení průměrného erozního smyvu.....	26

4.3	DesQ – MaxQ.....	26
4.4	USLE 2D	27
4.5	Metoda čísel odtokových křivek (CN).....	27
5	Výsledky.....	29
5.1	Analýza zájmové oblasti z hlediska náchylnosti k tvorbě povrchového odtoku..	29
5.1.1	DSO v orné půdě.....	29
5.1.2	Kritická povodí.....	31
5.2	Analýza zájmové oblasti z hlediska erozního ohrožení	35
5.2.1	Eroze v kritických povodích	37
5.2.2	Erozní smyv v erozně uzavřených celcích LPIS	38
5.3	Vyhodnocení vybraných kritických míst a jejich přispívajících ploch.....	42
5.3.1	KPo1.....	42
5.3.2	KPo3.....	44
5.3.3	KPo5.....	46
5.3.4	KPo 7.....	48
5.3.5	KPo9.....	51
5.3.6	KPo 11.....	54
6	Diskuse a závěr.....	56
	Seznam použité literatury a jiných zdrojů.....	57
	Použité zkratky.....	59
	Použité symboly	59
	Seznam obrázků	60
	Seznam tabulek	61
	Seznam grafů.....	61
	Seznam příloh (CD).....	62

1 Úvod

Příroda – lidé jí vnímají různě, ale já vím, že u mě má a vždy bude mít nezastupitelné místo v srdci. Právě ona tvoří svět malebným a příjemným k životu. Člověk si přírodu, krajinu a vlastně celou zeměkouli postupně přivlastnil a začal ji přetvářet pro své potřeby. Všichni přírodu využívají, ale jen málokdo se o ni náležitě stará. Všichni berou, málokdo vrací.

Obrovskou roli v přírodě hraje po milióny let půda. Její struktura, kvalita, či množství udává životní takt snad veškerým organismům. Stejně tak je na tom voda. Společně život dávají, ale i berou. Velký podíl na tom, zda tyto složky činí tak nebo onak, mají lidé. Ti svým přístupem v této době značně ovlivňují dění ve světě.

Hodně půdy se stalo našimi zásahy již neúrodnou a je tedy využita například ve stavebnictví. Další velká část je využívána pro lesnictví a zemědělství. Obzvláště v zemědělství jsou plodiny pro účely násobení zisků pěstovány na rozlehlých plochách a k tomu nadměrně hnojeny. V kombinaci s vodou to má za následek řadu problémů.

Dešťová srážka zejména krátká a intenzivní, jež zasahuje malé území, je spouštěčem těchto problémů. Takovéto srážky totiž páchají nepříjemnosti zejména na území, které nedisponuje příslušnými ochrannými prvky (ať už přírodními, či technickými). Tímto územím jsou často právě lány orné půdy. Působením deště dochází k vymývání a následně odplavování nechráněné půdy gravitačně. Tento jev páchá škody jak plošně (půda je ze svých pozic odplavována pryč), tak lokálně – vnikem do intravilánu obce koncentrovaně tzv. dráhami soustředěného odtoku místem, jenž je nazýváno kritickým bodem (KB). Navíc, není-li na to kladen důraz, tak voda spolu se splaveninami přirozeně vniká do vodních toků, které následně ústí do nádrží. Důsledkem jsou „pohnojené“ ryby, zanesené toky a nádrže a podobně. Zkrátka nic dobrého ani pro nás, ani pro přírodu.

Řešení těchto problémů je povětšinou bohužel reaktivní – tzn. nastává až po jejich způsobení. Proaktivní přístup by však mohl zabránit již jejich samotnému vzniku.

Cílem této bakalářské práce je proto identifikovat KB a plochy, které jsou rozhodující při tvorbě povrchového odtoku v území a udělat tak první z kroků, které by mohly vést k nalepšení místních poměrů a k ochraně půdy. Území, které je předmětem analýzy, je tvořeno částí povodí Ondřejnice – mou domovinou.

2 Popis problematiky

2.1 Eroze

Eroze je morfogenetický, destrukční proces, při kterém je přemísťován horninový materiál vodou, větrem, sněhem, suťovými proudy, případně ledovci. Rozlišujeme dále erozi normální a abnormální. Normální eroze probíhá přirozeně a pomalu – ztracené půdní částice jsou doplňovány přirozeně vytvořenými, novými půdními částicemi. Při abnormální (zrychlené) erozi, dochází k takovému smyvu půdních částic, že se nestíhají v úměrném časovém horizontu přirodně znovu vytvořit. Látky obsažené v zemině jsou při procesu zrychlené eroze zcela odplaveny z místa jejího zásahu. [1]

Hlavní příčinou abnormální eroze v dnešní době je značně viditelný zásah civilizace. Ať už jde o množství přibývajících staveb, bezohledné zemědělství, nebo masivní úpravu krajiny pro lidskou potřebu.

Eroze představuje vážnou hrozbu pro životní prostředí. Na zasažených místech způsobuje zhoršení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy. Dochází u ní ke ztrátě živin, snížení produktivity v zemědělství, a dokonce i samotné ztrátě půdy v zasažené oblasti. Půdní eroze způsobuje nemalé škody také mimo přímo zasaženou lokalitu. Jde například o zanášení toků a nádrží transportovanými splaveninami, ucpávání kanalizačních řadů, nebo kontaminaci vod obecně. Nepřímo může eroze díky obsahu látek v erodovaných splaveninách negativně působit na zdravotní stav veškerých organismů, včetně lidí. Podle výzkumů autorů [2; 3] velké množství kontaminantů (hnojiv, pesticidů apod.) v erodovaných sedimentech může neblaze ovlivnit globální cyklus uhlíku, dusíku a fosforu [4; 5]. Eroze patří k osmi hrozbám půdy, které jsou součástí tematické strategie Evropské komise pro půdu (EC, 2006). [6; 7]

Nejen z uvedených skutečností plyne, že na omezení eroze je potřeba se zaměřit komplexněji a důrazněji.

2.1.1 Větrná eroze

Větrná eroze půdy je přírodní proces, při kterém dochází k rozrušení půdní hmoty kinetickou energií větru, odnosu půdních částic z povrchu půdy mechanickou silou větru, transportu půdních částic na jiné místo a jejich následnému usazování důsledkem poklesu energie vzdušného proudu.

Větrná eroze může mít více charakterů. Eroze, při které se půdní částice transportují vzdušnými proudy pouze po půdním povrchu na malé vzdálenosti, se nazývá eroze saltací. Vznášeli se uvolněné částice volně ve vzduchu a jsou transportovány větrem na velké vzdálenosti, pak jde o druhou charakteristickou erozi – tzv. prašnou bouři. Oba tyto typy jsou souhrnně nazývány erozí deflační. Dochází-li k obrušování hornin uvolněnými půdními částicemi deflací, jde o tzv. korazi. Uvedené skutečnosti jsou zároveň důvodem, proč se s větrnou erozí setkáváme zejména v sušších oblastech. [8; 1]

2.1.2 Sněhová eroze

Ke sněhové erozi dochází pohybem sněhové masy (laviny). Rozpohybovaná sněhová lavina působí škody v jejím pásu pohybu, a to kombinací vysokého tlaku a velké rychlosti. Její projevy můžeme pozorovat zejména v horských oblastech. [1]

2.1.3 Vodní eroze

Vodní eroze půdy je přírodní proces, při kterém dochází k rozrušování půdního povrchu přímým působením vody a gravitace, následnému transportu půdních částic na jiné místo a jejich usazování. Sled těchto událostí způsobuje odnos nejsvrchovanější a zároveň nejúrodnější části půdy – ornice. Vodní erozi lze rozčlenit podle formy na povrchovou a podpovrchovou (někdy také nazývanou tunelovou). Povrchovou dále dělíme na erozi plošnou, výmolnou a proudovou. [9; 10; 11]

Pro plošnou erozi je charakteristické rozrušování půdy dopadajícími dešťovými kapkami a smyv půdních částic na celé ploše. Tyto částice jsou pak dále transportovány do tzv. erozních rýh. Náchylnost půdy k plošné erozi je dána odolností a stabilitou půdních agregátů, jež jsou určeny vlastnostmi pedologického prostředí v lokalitě. [12; 1]

Výmolná neboli rýhová eroze (znázorněna na Obr. 1), je přímým důsledkem plošné eroze. Vzniká postupným soustředováním povrchově stékající vody, která postupně v mělkém povrchu vytváří zářezy. První fází je vznik erozních rýh a brázd. Rýhy jsou charakteristické úzkými zářezy, které vytváří na erodovaném svahu hustou proudnicovou síť. Brázdy pak mají formu mělkého a širšího zářezu. Rýhy a brázdy se se silícím odtokem vody prohlubují, rozšiřují a spojují. Výsledkem tohoto procesu je tzv. eroze výmolová. Výmolová eroze, která způsobuje devastující účinky, je pak nazývána erozí

stržovou (ukázka na Obr. 2). Tato forma eroze se většinou vyskytuje v údolnicích a na polích, kde probíhá orba po směru svahu apod. [1; 12; 13]

Proudová eroze vzniká působením vodního proudu ve vodních tocích. Členíme ji na erozi dnovou a břehovou. Její projevy nalezneme nejčastěji v bystřinách. [9]



Obr. 1 Rýhová eroze v KÚ Sklenov



Obr. 2 Stržová eroze v KÚ Milotice u Kyjova [30]

2.2 Splaveniny

Splaveniny jsou tuhé částčky organického i anorganického původu, které vznikají veškerými erozními procesy a dále jsou nesené tokem proudící kapaliny. Jsou přirozenou součástí koloběhu země a hrají zásadní roli ve strukturování krajiny a transportu živin. I přesto, že jsou nepostradatelnou součástí systému, mají svá negativa. Složení splavenin není jednotvárné. Mimo živiny nezbytné pro život určitých organismů totiž obsahují množství látek, které život jiným organismům komplikují. [14]

Ztracená půda – tak lze nazvat splaveniny, které se nenávratně denně odplavují z erodované cenné zemědělské půdy. Tato půda se skládá jak z půdních částic, tak z látek (ve velkém podílu škodlivých), jimiž jsou zemědělské lány hojně a bezostyšně hnojeny. Půda s těmito příměsemi se dostává do toků a následně nádrží, kde sedimentuje a mísí se s komunálním odpadem. Stává se tak toxickou a není možné ji rekultivovat, nýbrž skládkovat jako toxický odpad. Mimo to dochází vlivem těchto látek k negativnímu ovlivňování zdraví veškerých živočichů, zejména ryb. Dalším častým scénářem je, že se erodovaná půda dráhami soustředěného odtoku (DSO) dostává do intravilánu obcí či měst. Zde erodovaná půda působí rozsáhlé škody na majetku obyvatelstva a opět se stává nerektifikovatelnou. [12; 14; 15]

Faktory jako jsou množství, složení a intenzita transportu splavenin je dána hydrologickými, morfologickými, klimatickými a jinými místními podmínkami. Velký vliv

na tyto faktory má pak člověk svým přístupem, například orbou kolmo na vrstevnice, vytvářením velkých zemědělských ploch, turistikou atd. [15]

2.3 Kritické body

Kritické body (KB) jsou místa, kde DSO vnikají do zastavěných ploch obcí. KB je tedy průsečík hranice intravilánu s linií DSO, jejíž přispívající plocha (PP), je větší, než 0,3 km², avšak menší, než 10 km². KB široké veřejnosti jasně vyznačují místa, kde dochází v případě absence potřebných opatření k invazi velkého množství vody, resp. splavenin z příslušných PP (Obr. 3). KB určují potenciál ohrožení obce ze srážek, které spadnou na přispívající plochu. [12; 16]

Pro vyhodnocení erozní ohroženosti jsou jednotlivé charakteristiky KB zásadní. Těmito charakteristikami jsou: velikost PP, sklonitostní poměry PP, využití půdy v PP, realizované opatření v PP a další. [12]

Přispívající plocha je dílčí povodí, jehož uzávěrový profil je právě kritický bod. Veškeré srážky, jež dopadají na tuto plochu, tvoří celkový povrchový odtok, který doteče do profilu KB. [16]

Výstupem analýzy KB a jeho PP mohou být hodnoty průměrného erozního smyvu získané např. univerzální rovnicí ztráty půdy (USLE) dle Wishmeira – Smitha. Ty dále poslouží pro porovnání s hodnotami přípustné ztráty půdy vodní erozí. [17]



Obr. 3 Kritický bod v KÚ Malý Ježov [18]

2.4 Přípustná ztráta půdy vodní erozí

Přípustná ztráta půdy (G_p), je hmotnostní množství erodované půdy (v tunách) na plochu odpovídající jednomu hektaru v časovém horizontu jednoho roku. Prof. Miroslav Janeček a kol. ve své metodice uvádí, že: „Hodnoty přípustné ztráty půdy erozí jsou stanoveny

především z hlediska dlouhodobého zachování funkcí půdy a její úrodnosti. V současné době, vzhledem ke změně způsobů hospodaření a k rozsáhlému zatravnění či zalesňování orné půdy, je velmi důležité v našich podmínkách více chránit i půdy hluboké, které jsou primárně určené pro intenzivní zemědělskou výrobu. Půdy mělké (tj. s nízkou produkční schopností) pak chránit zatravněním či zalesněním.”

Hloubka půdy je charakterizována mocností půdního profilu. Lze ji orientačně určit podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), hloubka je v tomto kódu vyjádřena 5. číslicí. Přesná hloubka půdy se pak určuje terénním průzkumem v nejsvažitéjší části pozemku. [19; 20]

G_p je dlouholetými výzkumy stanovena ve světě různě. Určení ročního „přírůstu“ půdy je velice složité a autoři k tomuto problému přistupují odlišně. Například pro severozápadní Himaláje a střední Indii jsou výzkumem stanovené hodnoty uvedené v Tab. 1. Hodnoty jsou stanoveny na základě hloubky půdy a skupin limitujících podmínek, které jsou patrné z článku D. Mandala (r. 2006). [21]

Tab. 1 The guidelines for T value assignment [Pokyny pro přiřazení hodnoty minimální G] [22]

Depth to limiting layer (cm) [Hloubka k limitující vrstvě]	Group 1 [1.skupina]	Group 2 [2.skupina]	Group 3 [3.skupina]
	Annual soil loss tolerance ($t \cdot ha^{-1}$) [roční povolená ztráta]		
0–25	2.5	2.5	7.5
25–50	2.5	5.0	7.5
50–100	5.0	7.5	10.0
100–150	7.5	10.0	10.0
>150	12.5	12.5	12.5

Pro ČR je přípustná hodnota vycházející ze studií G_p znázorněna v převzaté Tab. 2. Této hodnoty se v bakalářské práci budu držet.

Tab. 2 Přípustná průměrná roční ztráta půdy G_p erozí podle hloubky [20]

Hloubka půdy	Kód kombinace skeletovitosti a hloubky půdy (5. číslice kódu BPEJ)	Přípustná průměrná roční ztráta půdy erozí ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)
mělká (<30 cm)	5, 6	doporučeno převést do TTP
středně hluboká (30–60 cm) a hluboká (>60 cm)	0, 1, 2, 3, 4, 7	4

3 Popis řešeného území

3.1 Obecná charakteristika

Území, na němž je provedena analýza, se nachází v Moravskoslezském kraji, okrese Frýdek – Místek. Je průnikem tří katastrálních celků (Sklenov, Rychaltice, Fryčovice) s povodím řeky Ondřejnice (Obr. 5). Tyto katastrální celky tvoří dvě samostatné obce – Hukvaldy a Fryčovice. Jejich celková rozloha činí 37,37 km².

Intravilán obcí, ve kterém trvale žije 4474 obyvatel, se vesměs rozkládá kolem údolnice zmíněného vodního toku Ondřejnice. Mimo okolí údolnice leží například osady Krnalovice (část obce Hukvaldy) a Ptáčnick (část obce Fryčovice).

3.2 Klimatické podmínky

Zájmové území se nachází dle první číslice BPEJ kódu v 6. a 7. klimatickém regionu. Kategorizace klimatu pro zájmovou lokalitu byla provedena na základě mnoha kritérií, mezi které patří ku příkladu: průměrný úhrn ročních srážek a srážek ve vegetačním období, pravděpodobnost výskytu suchých období, průměrné roční teploty, údaje o známých klimatických singularitách. Tyto a množství dalších údajů byly zpracovány Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMU) a následně rozčleněny do desíti klimatických regionů. [23]

Území je tedy kategorizováno jako vlhké, mírně teplé s průměrnou roční teplotou 7,5 °C. Průměrný úhrn srážek je v oblasti 750 mm.rok⁻¹. Pravděpodobnost výskytu suchých vegetačních období činí zhruba 10 %. Nejbližší meteorologická stanice ČHMU se nachází ve Frýdku – Místku.

3.3 Hydrologické poměry

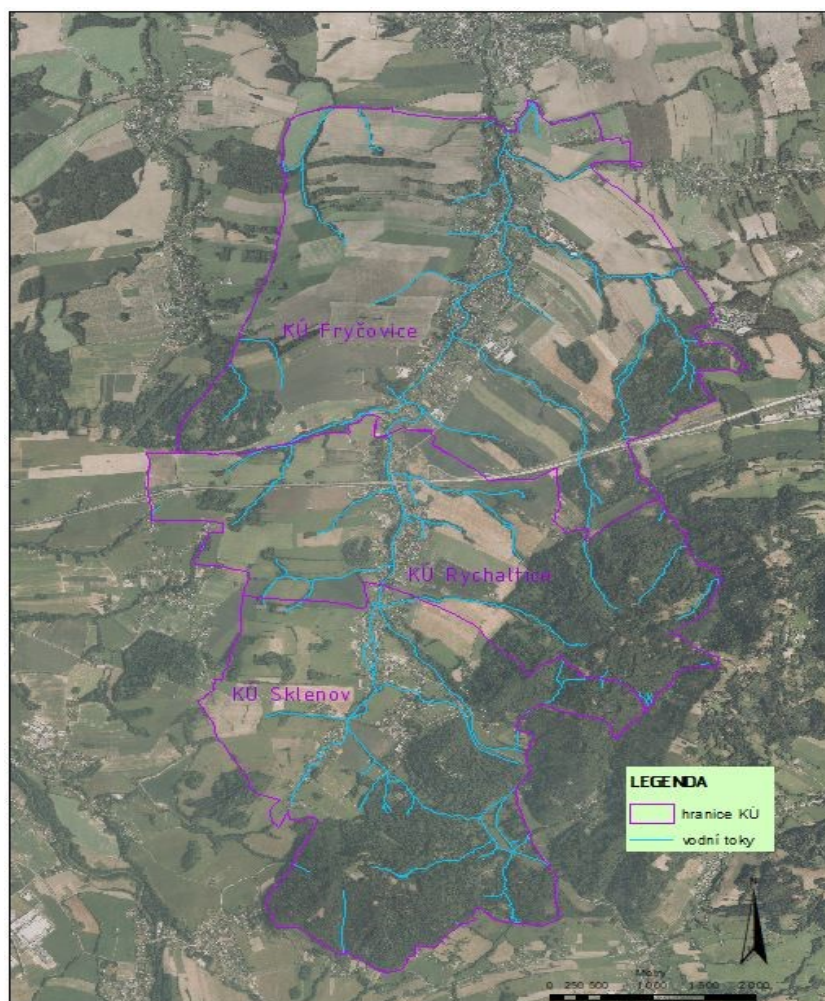
V řešeném povodí se nachází několik vodních toků a menších vodních děl (VD). Největším tokem, jež do oblasti vniká z jihu, je řeka Ondřejnice. Její dráha protíná celou zájmovou oblast a vychází z ní v její severní části. Detailní informace o tomto toku jsou patrné z Obr. 4. Do Ondřejnice v celém analyzovaném území vtéká množství drobnějších toků (Košice, Sklenovský potok, Krnalovický potok, Ptáčnický potok a další bezejmenné toky). Většina drobnějších toků v oblasti přímo pramení a je dotována vodou z Podbeskydské pahorkatiny, podloží a srážkami dopadající na území. V lokalitě se dále nachází několik

rybníků. Čtyři rybníky, které se nacházejí v hukvaldské oboře, jsou přitom součástí Natura 2000 – Evropsky významné lokality.

Celý tento hydrologický systém (Obr. 5) má velký vliv na charakter území.

Evidenční list operativního profilu				Stanice kategorie : C	
Tok:	Ondřejnice	Stanice:	Rychaltice		
Kraj:	Moravskoslezský kraj	ORP:	Frýdek-Místek	Obec:	Hukvaldy
Provozovatel stanice:			ČHMÚ Ostrava		
Centrum automatického sběru dat:			RPP ČHMÚ Ostrava		
Staničení:	15.62 [km]	Číslo hydrologického pořadí:	2-01-01-1470		
Plocha povodí:	41.09 [km ²]	Zeměpisné souřadnice:	181313 v.d. 493849 s.š.		
Nula vodočtu:	282.24 [m.n.m.]	Procento plochy povodí toku:	42.9		
Stupně povodňové aktivity:		[cm]	[m ³ .s ⁻¹]		
Sucho		70	0.062		
Bdéllost		150	19.2		
Pohotovost		170	28.7		
Ohrožení		190	39.7		
Extrémní ohrožení		257	85.6		
Průměrný roční stav:	78 [cm]	N-leté průtoky:	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀ Q ₅₀ Q ₁₀₀
Průměrný roční průtok:	0.575 [m ³ .s ⁻¹]		15.4	37.6	50.1 85.6 104

Obr. 4 Evidenční list operativního profilu



Obr. 5 Mapa hydrologické sítě s vyznačením KÚ

3.4 Geologické poměry

Vyhodnocovaná oblast z měřítká regionální geologie spadá do flyšového pásma slezské jednotky Západních Karpat. Ty jsou součástí Alpsko-karpatské soustavy, jejíž vznik v druhohorách a třetihorách zapříčinila srážka Euroasijského a Afrického kontinentu. Stratigraficky nejstaršími sedimenty jsou mořské uloženiny svrchojurské až spodnokřídlové. Nejmladší jsou pak z období svrchní křídy. [24]

Lokalita je z geologického hlediska pestrá. Petr Štefek ve své diplomové práci k této lokalitě uvedl: „Převažují hrubě rytmičné sedimenty pískovců s rohovci spolu s vápenci převážně kopřivnického typu, jílovce a prachovce černošedé barvy, střípkovité rozpadavé, které tvoří také tektonicky zavlečené nepravidelné útvary často vertikálně protažené ve vápencovém tělese. Některé jílovce, hlavně při styku s vápencovým tělesem, obsahují kameny a balvany vápenců.“ [24]

3.5 Pedologické poměry

Z pedologického hlediska se jedná o hnědozemní oblast. Převažují hnědozemě luvické a kambizemě. Půdy jsou středně hluboké až mělké, méně až středně štěrkovité.

Pro doplňující analýzu pedologických poměrů bylo použito BPEJ. Tentokrát je stěžejní druhá a třetí číslice (první dvojčíslí) kódu. Ta určuje zařazení půdy do hlavní půdní jednotky (HPJ) klasifikační soustavy.

HPJ je dle VÚMOP definována jako „syntetická agronomizovaná jednotka charakterizovaná účelovým (agronomickým) seskupením genetických půdních typů, subtypů, půdotvorných substrátů, zrnitosti, hloubky půdy, typem a stupněm hydromorfizmu a reliéfem území. Klasifikační soustava bonitace představuje 78 HPJ“.

Jednoznačná půdní charakteristika oblasti je znázorněna na mapě HPJ (příloha A – Obr. 1), v Tab. 3 a přehledném Grafu 1, který značí míru zastoupení dané HPJ v území. Charakterizaci HPJ dle vyhlášky Ministerstva zemědělství uvádím jen pro 5 nejzastoupenějších:

20 = Pelozemě modální, vyluhované a melanické, regozemě pelické, kambizemě pelické i pararendziny pelické, vždy na velmi těžkých substrátech, jílech, slínech, flyši, tercierních sedimentech a podobně, půdy s malou vodopropustností, převážně bez skeletu, ale i středně skeletovité, často i slabě oglejené.

21 = Kambizemě modální eubazické až mezobazické i kambizemě pelické z přemístěných svahovin karbonátosilikátových hornin – flyše a kulmských břidlic, středně těžké až těžké, až středně skeletovité, se střední vododržností

43 = Hnědozemě luvické, luvizemě oglejené na sprašových hlínách (prachovicích), středně těžké, ve spodině i těžší, bez skeletu nebo jen s příměsí, se sklonem k převlhčení.

46 = Hnědozemě luvické oglejené, luvizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření

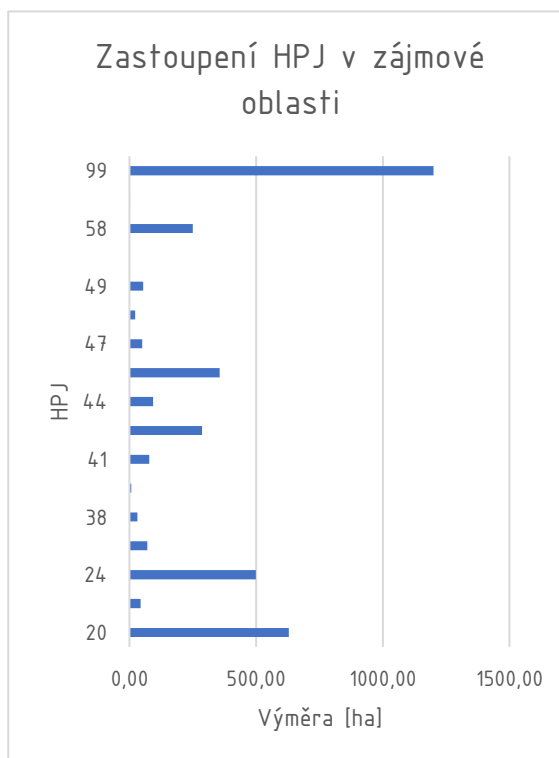
55 = Fluvizemě psefitické, arenické stratifikované, černice arenické i pararendziny arenické na lehkých nivních uloženinách, často s podloží teras, zpravidla písčité, výsušné. [25]

99 = Zvolený kód, nezávislý na výše uvedené kategorizaci. Jde většinou o zalesněnou půdu, kde nebyla provedena její bonitace.

Na základě tabulky 1.4 z metodiky Janečka a kol. [19] byla přiřazena jednotlivým HPJ třída propustnosti půdy (Tab. 3).

Tab. 3 Zastoupení HPJ v oblasti

HPJ	Výměra [ha]	Třída propustnosti
20	628.68	5
22	44.15	2
24	498.38	4
37	69.99	1
38	31.11	2
40	7.40	1
41	78.10	2
43	287.20	4
44	93.48	4
46	356.45	4
47	50.84	5
48	22.63	4
49	53.87	5
56	0.00	3
58	249.44	4
59	2.34	5
99	1199.75	Neurčena
Σ	3673.82	

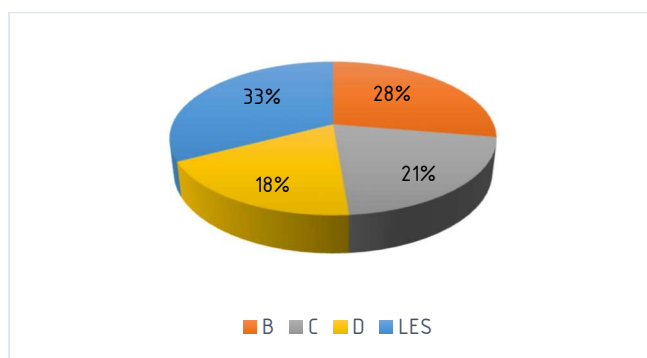


Graf 1 Zastoupení HPJ v zájmové oblasti

Každá z hlavních půdních jednotek byla dále zařazena dle Metodiky Janečka a kol. [19] do tzv. hydrologických skupin půd (HSP). Tab. 4 s vlastnostmi těchto půd je rovněž převzatá z této metodiky. HPJ 99 takto kategorizována opět nebyla a tvoří samostatnou kategorii, dále nazývanou LESY. Procentuální zastoupení jednotlivých kategorií v celé oblasti můžeme vidět na přehledném Grafu 2. HSP na jednotlivých oblastech je viditelné v přehledné mapě HSP (příloha A – Obr. 2).

Tab. 4 Hydrologické skupiny půd [19]

HSP	Charakteristika hydrologických vlastností	Rychlost infiltrace [mm.min ⁻¹]	Rychlost infiltrace [mm.den ⁻¹]
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky	>0.12	>172
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité	0–06 – 0.12	86.4–172
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité	0.02 – 0.06	28.8–86.4
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace i při úplném nasycení, zahrnující především jíly s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jílu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím	<0.02	<28.8



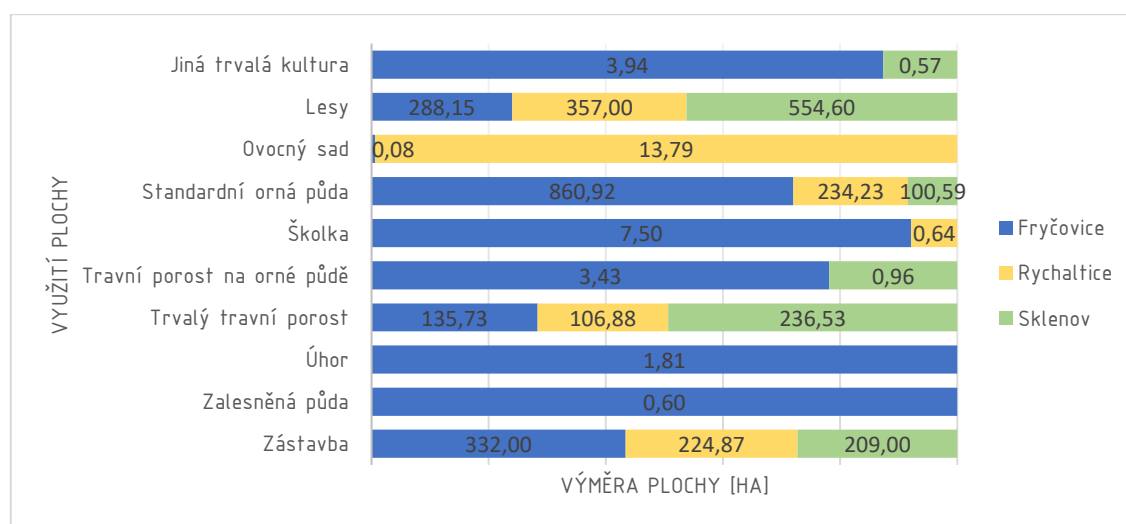
Graf 2 HSP a lesy v oblasti

3.6 Využití půdy

Analýza vegetačního pokryvu a využití půdy byla provedena za pomoci geografického informačního systému LPIS, jenž je tvořen primárně evidencí využití zemědělské půdy. [26] Doplněna byla orientačním měřením v geografickém informačním systému ArcGIS za použití ortofoto mapy. Výměry jednotlivých ploch na celém území byly tabelárně (Tab. 5) a graficky (Graf 3) zpracovány. Přehledná mapa půdního pokryvu je v příloze A – Obr. 3.

Tab. 5 Výměry využití půdy v jednotlivých KÚ

Využití ploch [ha]	Katastrální území			
	Fryčovice	Rychaltice	Sklenov	
Zástavba	332.00	224.87	209.00	
Zalesněná půda	0.60	0.00	0.00	
Úhor	1.81	0.00	0.00	
Trvalý travní porost	135.73	106.88	236.53	
Travní porost na orné půdě	3.43	0.00	0.96	
Školka	7.50	0.64	0.00	
Standardní orná půda	860.92	234.23	100.59	
Ovocný sad	0.08	13.79	0.00	
Lesy	288.15	357.00	554.60	
Jiná trvalá kultura	3.94	0.00	0.57	
Σ	1634.16	937.41	1102.25	3673.82



Graf 3 Využití ploch v zájmové oblasti

4 Popis použitých nástrojů a metod

4.1 ArcGIS

ArcGIS je profesionální geografický informační systém vyvinutý společností Esri. Jednou z aplikací ArcGiSu je ArcMap (AM), a právě tato aplikace (verze 10.1) byla použita k práci s geografickými daty a mapami. V AM lze data, jak hledat, tak shromažďovat, vytvářet, analyzovat a dále sdílet. Stejně tak je tomu u map, ať už jde o mapy vektorové či rastrové. ArcGIS umožňuje exportování dat do množství jiných než zdrojových formátů, díky kterým je možno práci provádět komplexně v různých programových aplikacích, jež nám dnešní moderní technologie umožňují. AM má obrovské množství nástaveb a funkcí. Pro účel této bakalářské práce byla použita jen hrstka z nich. V textu jsou dále tyto funkce odlišeny *kurzívou*. Veškeré zmíněné funkce lze v programu nalézt za pomoci funkce *search*.

4.1.1 Digitální model terénu

Jedná se o digitální 3D provedení reálného prostoru, přičemž je využito prostorových geografických informací a geometrického popisu terénu. Ke zpracování digitálního modelu terénu (DMT) je nutno mít určité zdroje dat, jako jsou geodetická měření, fotogrammetrie, nebo digitální a analogová data.

DMT je v této práci využito pro analýzu a modelování. K jeho vytvoření byla použita funkce *Topo to raster*, kde vstupem byla shapefilová vrstva s vrstevnicemi a vrstva zájmového území (spojené hranice tří katastrů), výstupem pak rastr o velikosti buňky 10x10m. Pro odstranění nepřesností vzniklých interpolací výšek bylo u vzniklého DMT použito funkce *Fill*. Vyhlazený DMT zájmové lokality, který je dále zdrojem pro řadu analytických operací, tímto přišel na světlo světa. DMT podložený stínovaným reliéfem, vytvořeným za pomoci funkce *Hillshade*, je znázorněn v příloze A – Obr. 4.

4.1.2 Směry a akumulace odtoku

Směry odtoků jsou nezbytné pro analyzování směrů proudění vody v povodí. AM má pro tvorbu rastrové mapy směrů odtoků funkci *Flow direction*, kde jako vstup posloužil DMT.

Pro zjištění, ve kterých místech se bude voda akumulovat a vytvářet tak případné DSO posloužila funkce *Flow acumulation*. Principem této funkce je postupné načítání buněk, které přitékají do buňky počítané. Vstupem pro tuto operaci je rastr směrů

odtoků, výstupem pak rastr akumulace odtoků. Takto vytvořený rastr bylo pro potřebu znázornění DSO nutno překlasifikovat do tří skupin: první skupina (bezbarvá) značí DSO s PP menší než 5 ha, druhá DSO s PP větší než 5 ha a menší než 30 ha a konečně třetí s PP o velikosti větší než 30 ha. Takto klasifikovaná rastrová mapa, podložená ortofoto mapou (příloha A – Obr. 5), se stala klíčovou pro identifikaci DSO a následně KB v oblasti.

4.1.3 Jiné

Program ArcMap byl pro vytvoření této práce užíván v množství dalších případech. S využitím jeho mnoha funkcí byla analýza území určitě snadnější, než tomu bývalo dříve. Za zmínku stojí například vytvoření mapy erozně uzavřených celků (EUC) z databáze kultur LPIS, či tvorba mapy erozní ohroženosti.

4.2 USLE

Universal Soil Loss Equation – USLE (Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1978) je základní metodou hodnocení intenzity erozního procesu. Jde o rovnici, kde je erozní smyv vypočítán za pomoci šesti hodnotících faktorů. Jednotlivé faktory jsou popsány v následujících kapitolách. Výsledkem rovnice je dlouhodobá průměrná roční ztráta půdy G ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$). Její tvar je následující:

$$G = R * K * L * S * C * P \quad [27] \quad /3.1/$$

4.2.1 R – faktor

Je faktorem vyjadřující erozní účinnost srážek. Jeho hodnota závisí na četnosti výskytu, intenzitě, úhrnu a kinetické účinnosti srážek. Spočte se na základě rovnice 3.2.

$$R = \frac{E * i_{30}}{100}; \quad /3.2/$$

Přičemž E je celková kinetická energie deště, i_{30} je maximální 30 minutová intenzita deště.

Jeho hodnota je ve světě různá. Vychází z dlouhodobých pozorování a analýz. V ČR je stále jeho hodnota diskutabilní. Užitím ombrografických záznamů ČHMÚ a důkladným rozбором erozní účinnosti srážek se ustálila doporučená průměrná hodnota R faktoru na $40 MJ \cdot ha^{-1} \cdot cm \cdot h^{-1}$. Ta poslouží pro účel mé bakalářské práce i přes to, že jde o dvojnásobek dříve doporučované hodnoty. [19]

4.2.2 K – faktor

K – faktor neboli faktor erodovatelnosti půdy, je faktorem vyjadřující náchylnost půdy k erozi. Ta je dána vlastnostmi půdy, které ovlivňují schopnost a odolnost půdních agregátů proti rozrušujícímu účinku dopadajících kapek deště a transportu povrchově odtékající vody.

Jak říká metodika (Janeček a kol. 2012) „*V USLE je definován jako ztráta půdy ze standartního pozemku vyjádřená v t. ha⁻¹ na jednotku faktoru erozní účinnosti deště R (MJ.ha⁻¹.cm.h⁻¹).*“

Hodnoty K – faktoru byly (dle met. Janečka a kol. 2012) přibližně určeny podle HPJ [19]. Vybrané faktory erodovatelnosti půd pro jednotlivé HPJ, vyskytující se v řešeném území, jsou znázorněny v Tab. 6. V příloze A – Obr. 6 jsou pak K – faktory viditelné v konkrétních lokalitách zájmového území.

Tab. 6 Vybrané hodnoty K – faktoru

HPJ	K-faktor	HPJ	K-faktor
20	0.28	44	0.56
22	0.24	46	0.47
24	0.38	47	0.43
37	0.16	48	0.41
38	0.31	49	0.35
40	0.24	56	0.40
41	0.33	58	0.42
43	0.58	59	0.35

4.2.3 LS – faktor

Je faktorem, který souhrnně popisuje vliv sklonu a délky svahu na intenzitu eroze. Označován je jako topografický faktor LS a představuje poměr ztrát půdy na jednotku plochy svahu ke ztrátě půdy na standartním pozemku, ten je charakteristický svou délkou 22.13 m a sklonem 9 %. LS – faktor je tedy kombinací faktorů L a S, kde L – faktor délky svahu vyjadřuje vliv nepřerušené délky svahu na velikost ztráty půdy erozí a S – faktor sklonu vyjadřuje vliv sklonu na velikost ztráty půdy erozí. [19]

Vlastní výpočet LS – faktoru na zájmovém území byl proveden automaticky za pomoci softwaru USLE 2D, ten je spolu s jeho implementací do AM stručně popsán v kapitole 4.4.

4.2.4 C – faktor

Dalším z faktorů, jež tvoří rovnici USLE, je faktor ochranného vlivu vegetace neboli C – faktor. Vyjadřuje vliv pokryvu půdy na působení dopadajících dešťových kapek, na zpomalování rychlosti povrchového odtoku a na půdní vlastnosti. Hodnoty C – faktoru lze stanovit dle metodiky (Janeček a kol., 2012), kde určení vychází z charakteru přístupu pěstování plodin. Druhou možností je určení faktoru C dle Tomana a Kádce ze starší metodiky (Janeček a kol., 2007) na základě klimatického regionu. [28]

Při určování C – faktoru analyzované oblasti bylo využito druhé zmíněné možnosti. Klimatické regiony, v nichž se území nachází, jsou popsány v Klimatické podmínky Hodnoty C – faktorů, příslušící klimatickým regionům, jsou převzaty z Tab. 7. Z přílohy A – Obr. 7 lze pak jednoznačně vyčíst, že převládající hodnotou C – faktorů je 0,178.

Tab. 7 Hodnoty C – faktorů pro kódy klimatických regionů [28]

Kód klimatického regionu	C-faktor
0	0.307
1	0.286
2	0.264
3	0.243
4	0.221
5	0.199
6	0.178
7	0.156
8	0.135
9	0.113

4.2.5 P – faktor

Posledním z faktorů vstupujících do USLE je faktor účinnosti protierozních opatření P – faktor. Jeho hodnota charakterizuje případné ovlivnění protierozními opatřeními, jimiž jsou opatření organizační, agrotechnická a technická. Není-li žádné takovéto opatření provedeno, pak je hodnota P – faktoru rovna jedné.

Ani v jednom z katastrů, jenž jsou předmětem analýzy, s žádným protierozním opatřením nebylo uvažováno, tudíž hodnota 1 je konstantní pro celou oblast.

4.2.6 Stanovení průměrného erozního smyvu

Stanovení výsledného erozního smyvu G , podle rovnice USLE, bylo provedeno funkcí *Raster calculator*. V tomto nástroji se mezi sebou vynásobí vytvořené rastrové vrstvy a konstanty figurujících faktorů (viz rovnice 3.3).

$$G = 40 \cdot "k_faktor" \cdot "LS_faktor" \cdot "c_faktor" \cdot 1. \quad /3.3/$$

Výstupem nástroje je rastr eroze, který byl překlasifikován na požadované rozsahy. Pro určení G na vytipovaných plochách bylo užito funkce *Zonal statistics as Table*.

4.3 DesQ – MaxQ

„Program provádí výpočet na základě hydrologického modelu DesQ–MaxQ, který vyvinul Prof. Ing. František Hrádek, DrSc. Tento model je určen pro stanovení návrhových charakteristik povodňových vln v nepozorovaných profilech malých povodí vyvolaných přívalovými dešti a výpočet ovlivnění maximálních průtoků a objemů povodňových vln změnou charakteristik povodí.“ Tak zní charakteristika programu dle oficiálních stránek distributora DesQ–MaxQ.

Programu bylo v bakalářské práci využito pro výpočet maximálních průtoků a teoretických objemů povodňových vln vyvolaných přívalovými dešti v jednotlivých PP příslušných KB. Dat zadávaných do DesQ bylo vícero:

1. Délka a sklon údolnice
2. Srážková data
3. Plocha a sklon svahů PP (levý a pravý)
4. Součinitel drsnosti
5. Typ a průměrné číslo CN přispívající plochy (levý a pravý svah)

Zadávaná délka a sklon údolnic odpovídá délce a sklonu údolnice dělící PP. Srážkoměrná data byla přebrána z nejbližší srážkoměrné stanice Frýdek – Místek. Každá PP byla rozdělena na dva svahy – levý a pravý. Plochy, průměrné sklony a průměrná čísla CN těchto svahů byly zjištěny za využití funkce *AM Zonal statistic as Table*. Průměrné součinitele drsnosti byly vypočítány programem DesQ–MaxQ po zadání ploch půdního pokryvu a doporučených hodnot součinitele drsnosti pro tyto plochy.

Využitými výstupy programu jsou hydrogramy návrhových stoletých dešťů pro PP a souhrnné tabulky maximálních průtoků a objemů.

4.4 USLE 2D

Tento program byl vyvinut pro automatické počítání LS – faktoru (viz kapitola 4.2.3). Jde o aplikaci s jednoduchým uživatelským rozhraním. Pracuje s daty ve formátu Idrisi (.rst), což ArcMap není schopen vygenerovat. Převedení dat do potřebného formátu je tedy nutné provést postupně a to tak, že nejprve se funkcí *AM Raster to Ascii* konvertují rastry do textového souboru (.txt). Poté se využije jednoduchého programu LS converter, který textový soubor převede do formátu Idrisi. Tento postup je nutné použít pro výpočet LS – faktoru 2x. Nejprve s DMT, a poté s EUC. Výpočet po těchto úkonech proběhne automaticky během několika sekund. Jakmile je proveden výpočet v USLE 2D, opět se využije LS converteru, který tentokrát převede vzniklý formát Idrisi do textového souboru. Ten je následně funkcí *Ascii to raster* převeden zpět do AM. Produktem je rastrová mapa LS – faktorů.

4.5 Metoda čísel odtokových křivek (CN)

Metoda čísel odtokových křivek (CN – Curve Number) byla odvozena v USA pro potřeby Služby na ochranu půdy (SCS – Soil Conservation Service). Představuje dostatečně přesný srážkoodtokový model, použitelný pro stanovení přímého odtoku a kulminačního průtoku, způsobeného návrhovým přívalovým deštěm o zvolené pravděpodobnosti výskytu v zemědělsky využívaných povodí, či jejich částech o velikosti do 10 km².

„Přímý odtok zahrnuje odtok povrchový a odtok hypodermický. Podíly tohoto typu odtoku na celkovém odtoku se stanovují pomocí tzv. čísel odtokových křivek – CN. Čím větší hodnota CN, tím je pravděpodobnější, že se jedná o povrchový odtok. Odtok vody je obecně ovlivněn množstvím srážek, infiltrací vody do půdy, vlhkostí půdy, druhem vegetačního pokryvu, nepropustnými plochami a retencí povrchu. Základním vstupem metody odtokových křivek je srážkový úhrn návrhového deště zvolené doby opakování za předpokladu jeho rovnoměrného rozdělení na ploše povodí. Objem (výška) srážek je transformován na objem (výšku) odtoku pomocí čísel odtokových křivek – CN. Jejich hodnoty jsou závislé na hydrologických vlastnostech půd, vegetačním pokryvu, velikosti nepropustných ploch, intercepci a povrchové retenci.“ Popisuje metodu čísel odtokových čísel CN Janeček a kol. v metodice z roku 2012. [19]

Ke stanovení hodnot čísel odtokových křivek CN v analyzované lokalitě bylo využito digitálních vrstev BPEJ, LPIS a HSP a Tab. 8, která vychází ze studijních opor

(Dumbrovský Miroslav, 2009). Tyto hodnoty byly vepsány do atributové tabulky vrstvy CN, jež byla vytvořena spojením vrstev BPEJ a LPIS v AM. Poté byla tato vrstva převedena na rastr, již známou funkcí *Topo to raster*. Stanovení průměrného čísla CN pro vytipované PP bylo provedeno pomocí funkce *Zonal statistics as Table*.

Tab. 8 Hodnoty CN pro jednotlivé způsoby využití krajiny

CN						
LPIS/využití pozemků		HSP				
		A	B	C	D	N
2	standardní orná půda	72	81	88	91	83
6	ovocný sad	72	81	88	91	83
7	trvalý travní porost	49	69	79	84	70
9	jiní kultura	59	74	82	86	72
99	zalesněno	45	66	77	83	67
21	les-porost bez rozlišení	36	60	73	79	62
30	ostatní	59	74	82	86	72
31	intravilán	59	74	82	86	75
32	silnice, dálnice	98	98	98	98	98
34	vodní plocha	-1	-1	-1	-1	-1

5 Výsledky

5.1 Analýza zájmové oblasti z hlediska náchylnosti k tvorbě povrchového odtoku

Na základě rastru akumulace odtoků (příloha A – Obr. 5) bylo identifikováno mnoho DSO s PP větší než 5 ha. Zvýšená pozornost je věnována dvěma skupinám těchto DSO:

1. DSO s PP větší, než 5 ha a zároveň menší, než 30 ha, které se nachází v orné půdě (OP).
2. DSO s PP větší, než 30 ha, jež ohrožují intravilán obcí.

Obě uvedené skupiny jsou z hlediska tvorby a akumulace povrchového odtoku vyhodnoceny jako kritické.

5.1.1 DSO v orné půdě

Drah soustředěného odtoku v orné půdě bylo lokalizováno celkem 34 (fialová barva na Obr. 7). V KÚ Sklenov se nachází pouze jedna, v KÚ Rychaltice 8 a zbylých 25 v KÚ Fryčovice. V těchto drahách se soustředí povrchový odtok z přilehlých lánů a působí tak vlivem eroze velké škody na cenné zemědělské půdě. Při přívalových deštích, kdy DSO nejsou řádně stabilizovány, dochází k tvorbě efemerních rýh a k bezbariérovému odtoku vody spolu s erodovanou orníci do nenávratna.

Zmíněný problém lze řešit například zatravněním DSO a jejího okolí. Zatravněné DSO jsou schopny bezpečně odvést povrchový odtok s menším projevem eroze a zároveň zadržet vodu v krajině. Výhodou zatravnění je, že většinou není nutno finančně náročných výkopových prací. Je však nezbytné, aby byla stabilizovaná DSO náležitě udržována (jde například o sečení, přihnojování apod.).

Detailní návrh protierozních opatření, která je potřeba provést, není předmětem této bakalářské práce, a proto uvádím jen zjednodušené řešení, které spočívá v zatravnění pásu 10 metrů na každou stranu od lokalizované DSO. Tento zjednodušený návrh je tabelárně zpracován (Tab. 9).

Tab. 9 Návrh stabilizace DSO v orné půdě

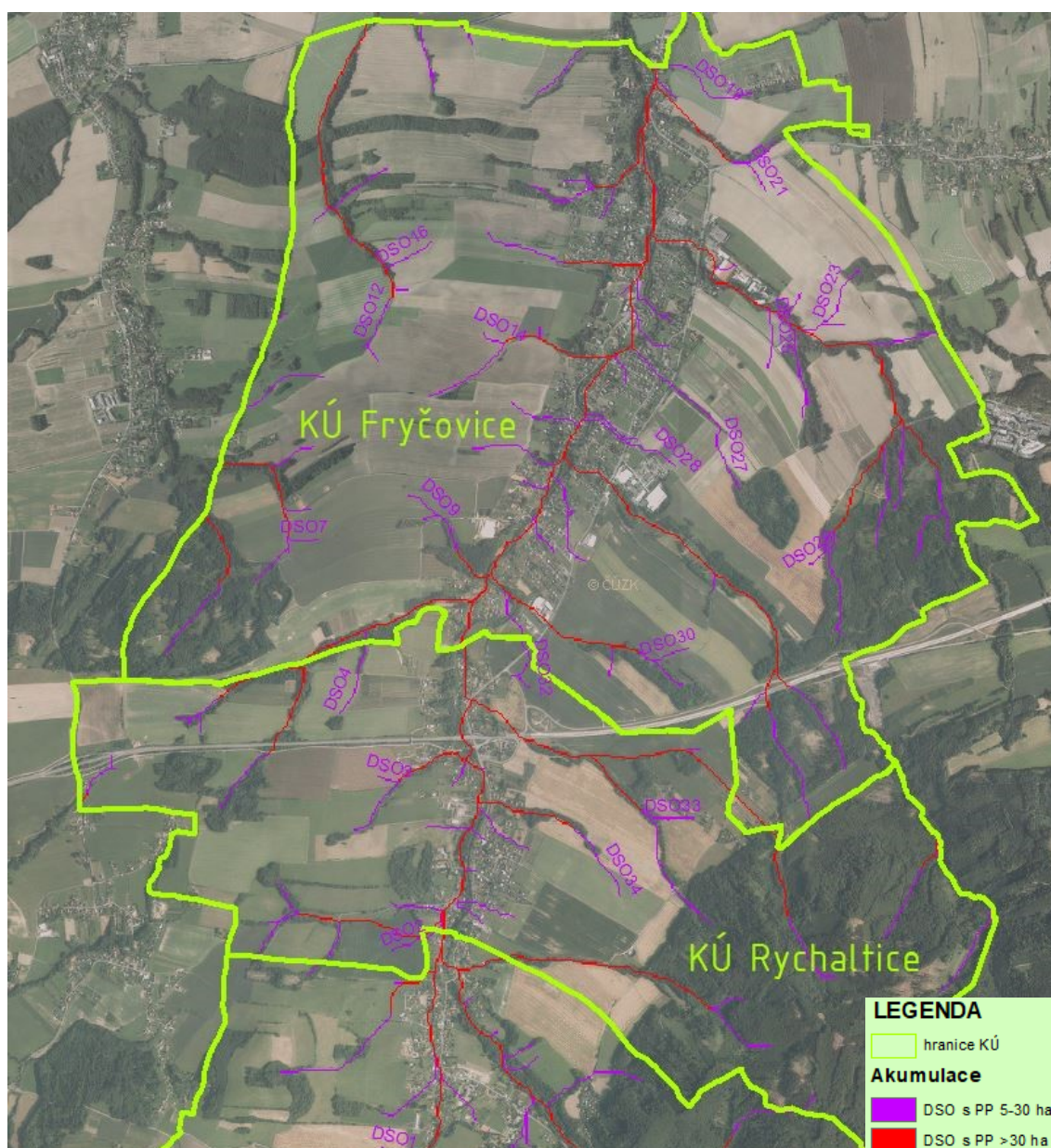
Číslo DSO	Délka [m]	Stabilizace			Číslo DSO	Délka [m]	Stabilizace		
		Typ	Šířka [m]	Plocha [m²]			Typ	Šířka [m]	Plocha [m²]
1	173	Zat.	20	3460	18	140	Zat.	20	2800
2	192	Zat.	20	3840	19	188	Zat.	20	3760
3	128	Zat.	20	2560	20	78	Zat.	20	1560
4	277	Zat.	20	5540	21	221	Zat.	20	4420
5	90	Zat.	20	1800	22	162	Zat.	20	3240
6	118	Zat.	20	2360	23	480	Zat.	20	9600
7	172	Zat.	20	3440	24	193	Zat.	20	3860
8	178	Zat.	20	3560	25	214	Zat.	20	4280
9	278	Zat.	20	5560	26	155	Zat.	20	3100
10	346	Zat.	20	6920	27	228	Zat.	20	4560
11	165	Zat.	20	3300	28	225	Zat.	20	4500
12	501	Zat.	20	10020	29	133	Zat.	20	2660
13	122	Zat.	20	2440	30	236	Zat.	20	4720
14	188	Zat.	20	3760	31	102	Zat.	20	2040
15	84	Zat.	20	1680	32	293	Zat.	20	5860
16	327	Zat.	20	6540	33	129	Zat.	20	2580
17	116	Zat.	20	2320	34	323	Zat.	20	6460
								Σ	139100

Z návrhu plyne, že zatravněním 13.91 hektarů dojde ke stabilizaci 34 DSO v celé zkoumané lokalitě. To by jak ochránilo velké množství zemědělské půdy, tak přispělo ke zvýšení biodiverzity v oblasti. Oblast by se zároveň stala přírodnější, lidské duši milejší.

Ve spojených státech Amerických jsou problémy s DSO důvěrně známy. Jejich zatravňování, respektive zalesňování je tam běžnou praxí (Obr. 6). U nás tomu tak není.



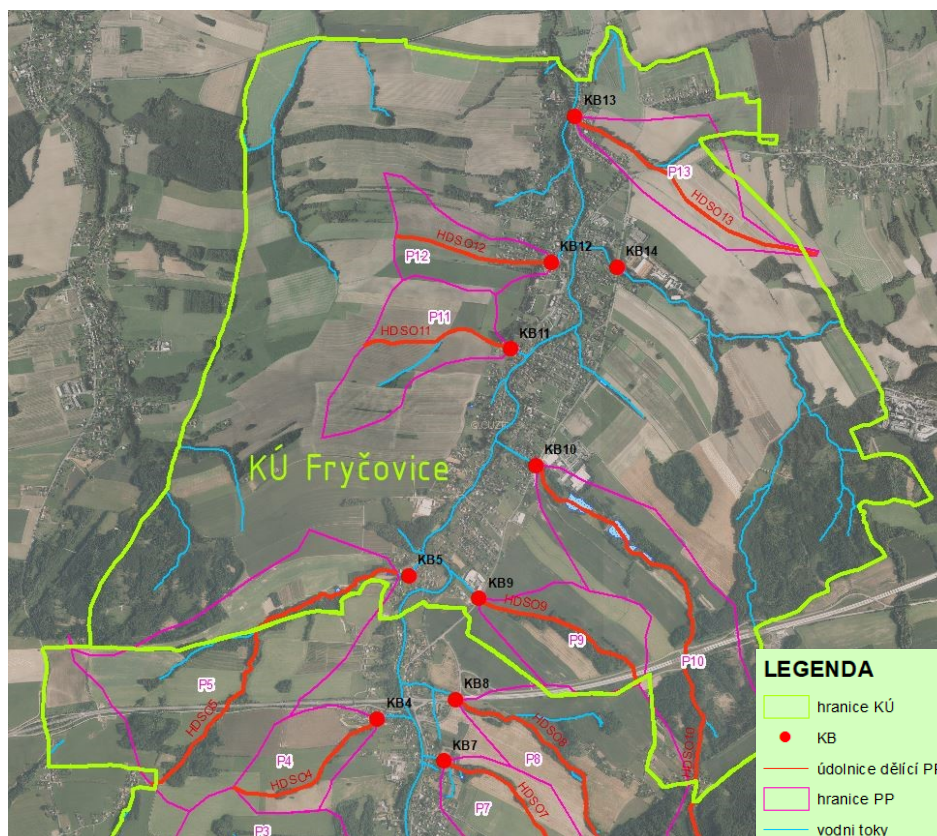
Obr. 6 Zatravněné, zalesněné DSO v USA



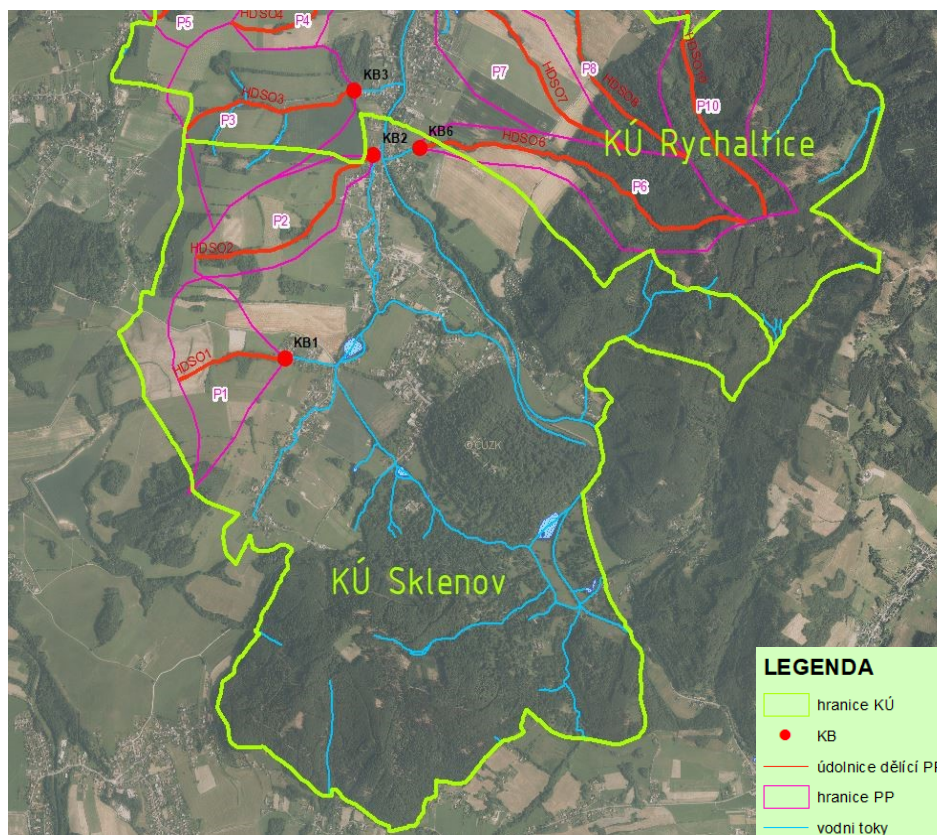
Obr. 7 DSO v orné půdě

5.1.2 Kritická povodí

DSO s PP větší jak 30 ha, které by mohly ohrozit intravilán, bylo za pomoci rastru akumulace odtoků a ortofotomapy lokalizováno celkem 14. Jedna z nich (č.14) zasahuje z velké části mimo zkoumané KÚ, a tedy z důvodu nedostatku dat nebyla detailněji analyzována. 12 dalších DSO je částečně tvořeno malými toky, jež ústí do řeky Ondřejnice. Pouze jedna DSO s PP větší, než 30 ha, není součástí žádného vodního toku. V severní části území se nachází většina DSO (Obr. 8), v jižní části pak menšina (Obr. 9).



Obr. 8 Lokalizace kritických povodí – Severní část



Obr. 9 Lokalizace kritických povodí – Jižní část

Každá DSO má svou přispívající plochu, kde uzávěrovým profilem je KB. Tento celek je dále nazýván kritickým povodím (KPo). Rozlohy KPo jsou uvedeny v Tab. 10. Poloha KB a KPo je znázorněna na Obr. 8 a Obr. 9. PP je v každém KPo rozdělena hlavní údolnicí (označovanou jako HDSO) na dvě části (subpovodí) – levá a pravá. Parametry analyzovaných HDSO jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 10 Velikost kritických povodí

Číslo povodí	Plocha [ha]	Číslo povodí	Plocha [ha]
1	53.07	8	121.25
2	47.49	9	57.21
3	93.88	10	208.30
4	40.44	11	61.38
5	177.37	12	40.37
6	73.40	13	58.01
7	62.48		

Tab. 11 Parametry HDSO

Údolnice přispívajících ploch			Údolnice přispívajících ploch		
Označení	délka [m]	Sklon [%]	Označení	délka [m]	Sklon [%]
HDS01	757	3.96	HDS08	2310	12.38
HDS02	1493	8.04	HDS09	1257	4.46
HDS03	1231	4.06	HDS010	4155	8.13
HDS04	1167	8.05	HDS011	1042	4.13
HDS05	2453	3.83	HDS012	1056	4.36
HDS06	2408	13.04	HDS013	1887	3.02
HDS07	1674	11.23			

Velký vliv na průběh kritického deště, tvorbu povrchového odtoku a jeho koncentrování se v DSO mají jednak sklony PP, jednak čísla odtokových křivek CN. Za pomoci AM byly stanoveny jejich průměrné hodnoty pro jednotlivé subpovodí (Tab. 12). Vysoké hodnoty CN vypovídají mimo jiné o značném zastoupení orné půdy v subpovodích. Z tohoto pohledu se jeví jako nejhorší KPo11. Z pohledu sklonitosti pak KPo6. Čísla odtokových křivek CN byla dále použita pro stanovení návrhového průtoku v místě KB.

Tab. 12 Průměrné sklony a čísla odtokových křivek CN jednotlivých subpovodí

Označení subpovodí	Průměrná čísla CN	Průměrný sklon [%]	Označení subpovodí	Průměrná čísla CN	Průměrný sklon [%]
P1P	73.58	13.48	P7L	77.76	8.84
P1L	72.01	14.61	P8P	77.32	13.87
P2P	71.68	12.20	P8L	78.57	13.70
P2L	72.52	14.88	P9P	81.67	9.73
P3P	74.22	12.16	P9L	82.27	8.40
P3L	83.49	14.08	P10P	75.25	17.31
P4P	76.31	13.15	P10L	69.90	15.09
P4L	68.85	11.98	P11P	88.54	7.99
P5P	79.17	10.36	P11L	89.58	8.09
P5L	80.42	8.40	P12P	82.89	7.05
P6P	71.78	27.29	P12L	87.15	11.43
P6L	70.62	23.80	P13P	85.77	6.31
P7P	85.17	11.84	P13L	87.15	4.19

Pro všechna dílčí povodí byly za pomoci DesQ-MaxQ vyhodnoceny průběhy návrhových dešťů. Na základě terénního průzkumu byla ověřena přesná poloha KB. Proběhlo měření rozměrů kritických míst (vesměs šlo o propustky) a za pomoci rovnice 4.1 (kombinace Chézyho rovnice a rovnice spojitosti) byly přibližně vypočteny kapacitní průtoky jednotlivých KB (Q_{kap}). Ty jsou porovnány s průtoky návrhovými (Q_N) v Tab. 13.

Z porovnání vypočtených hodnot je zřejmé, že pouze 5 kritických míst je schopno převést stanovený návrhový déšť. Tato skutečnost není z hlediska ochrany obyvatelstva před povodněmi ideální, jelikož DSO mohou v těchto místech napáchat nemalé škody na majetku. Jako nejkritičtější se jeví KB č.12, jenž je schopen převést opravdu jen zlomek návrhového průtoku. Opakem je pak KB č.13, který převede přívalovou srážku spadlou na identifikovanou PP naprosto spolehlivě. Detailnější analýza vybraných KPo je provedena v kapitole 5.3.

$$Q = S * C * \sqrt{R * i} \quad /4.1/$$

Q...Průtok C...Cheezyho rychlostní součinitel S...Průtočná plocha

R...Hydraulický poloměr i...sklon propustku

Tab. 13 Porovnání průtoků v KB

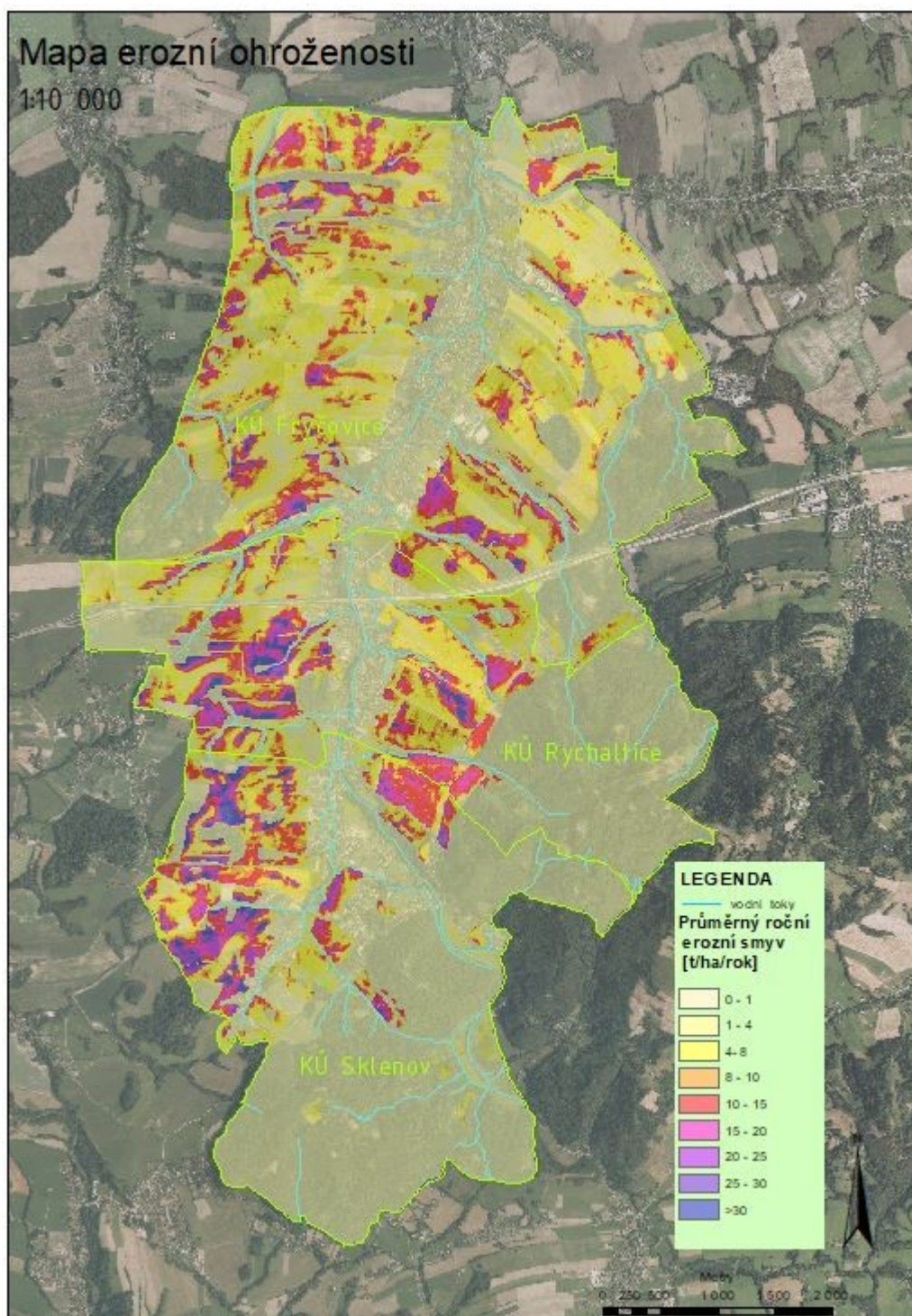
Číslo KB	Rozměry propustku	Materiál	Q_{kap}	Q_N	Rozdíl Q
	mm				
1	1250x750	beton	4.83	3.68	1.15
2	není propustek			3.93	X
3	2x DN1000	beton	9.66	8.69	0.97
4	DN600	beton	1.36	2.73	-1.37
5	1500x1000	beton	9.70	13.02	-3.32
6	DN450	ocel	1.50	6.39	-4.90
7	DN900	beton	3.89	6.44	-2.55
8	DN1500	beton	15.43	9.96	5.47
9	2x DN900	beton	7.78	7.58	0.20
10	DN1500	beton	15.43	15.70	-0.27
11	DN1000	beton	4.83	10.10	-5.27
12	DN600	beton	1.24	6.83	-5.59
13	4000x3000	beton	40.76	10.10	30.66

5.2 Analýza zájmové oblasti z hlediska erozního ohrožení

Na základě rastrové mapy eroze (Obr. 10), jejíž tvorba byla popsána v kapitole 4.2.6, byl proveden rozbor zkoumané lokality z pohledu erozní ohroženosti. Ohroženost je klasifikována dle Tab. 14. Z mapy je patrné, že území je z hlediska vodní eroze velmi ohrožené. Povolenou přípustnou hodnotu eroze $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ překračuje většina území všech tří KÚ.

Tab. 14 Klasifikace erozní ohroženosti

G [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$]	Ohroženost
0–4	přípustná
4–8	mírná
8–10	zvýšená
10–15	střední
15–20	střední až vysoká
20–25	vysoká
25–30	velmi vysoká
>30	kritická



Obr. 10 Mapa eroze

Podrobnější analýza byla rozdělena na dvě dílčí úlohy – erozní ohroženost v KPo a erozní ohroženost na blocích LPIS. Výsledky těchto úloh jsou popsány v následujících kapitolách.

5.2.1 Eroze v kritických povodích

Jelikož DSO v KPo mají PP větší než 30 hektarů, stávají se rozhodujícími z hlediska transportu splavenin. Na základě mapy eroze (Obr. 10) byly stanoveny průměrné hodnoty erozního smyvu ve všech KPo.

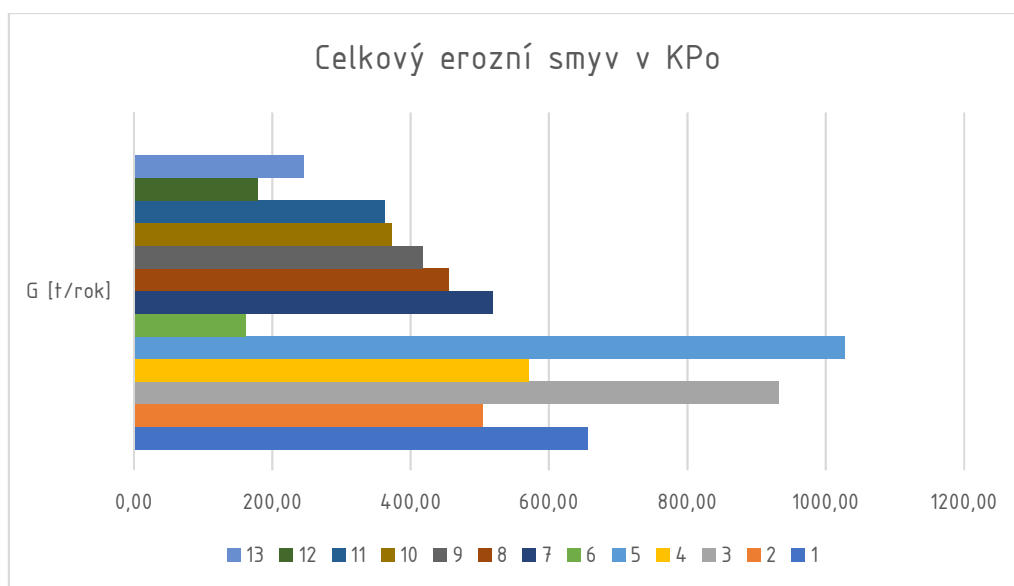
Tab. 15 Průměrný roční erozní smyv v KPo

Číslo povodí	Plocha [ha]	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	Číslo povodí	Plocha [ha]	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
1	53.07	12.35	8	121.25	3.75
2	47.49	10.63	9	57.21	7.31
3	93.88	9.92	10	208.30	1.79
4	40.44	14.13	11	61.38	5.91
5	177.37	5.79	12	40.37	4.45
6	73.40	2.21	13	58.01	4.23
7	62.48	8.30			

Z hodnot uvedených v Tab. 15 jasně vyplývá, že přípustná eroze probíhá pouze ve 3 KPo z třinácti. Zbýlých 10 překračuje přípustnou mez v rozmezí od 0.23 po 10.13 t.ha⁻¹.rok⁻¹. Jako nejohroženější se jeví nejmenší KPo – č.4 s průměrnou hodnotou ročního erozního smyvu 14,13 t.ha⁻¹. To však neznamena, že je zdrojem největšího množství oderodované půdy. Celkovým erozním smyvem 1026.96 t.rok⁻¹ (vyplývá z Tab. 16) totiž disponuje KPo č.5. Toto obrovské množství půdy je navíc umocněno faktem, že přes 50 % jeho celkové výměry tvoří orná půda. KPo č.6 je na tom z pohledu erozní ohroženosti naopak nejlépe, půda je v něm chráněna dostatečně. Detailnější rozbor KPo, je uveden v kap. 5.3. Celková hodnota erozního smyvu ve třinácti KPo je 6404.16 tun, což rozhodně není malé číslo. Pro lepší představu slouží Graf 4.

Tab. 16 Celkový erozní smyv v KPo

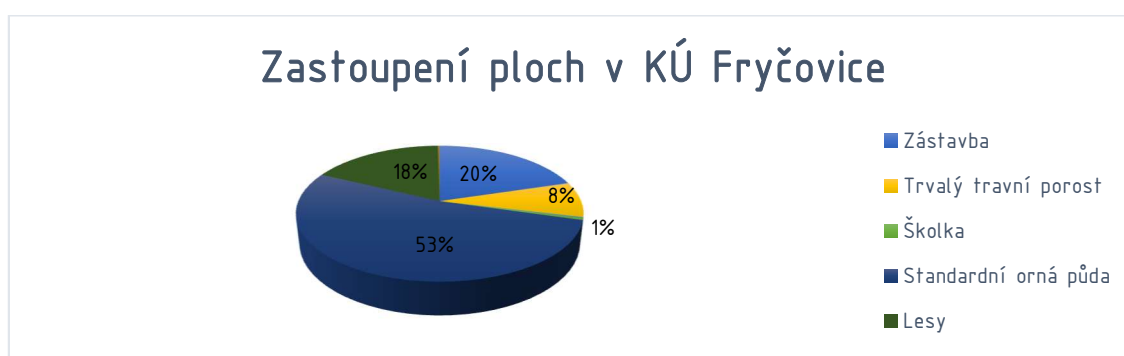
Číslo povodí	G [t.rok ⁻¹]	Číslo povodí	G [t.rok ⁻¹]
1	655.39	8	454.68
2	504.84	9	418.22
3	931.25	10	372.85
4	571.35	11	362.78
5	1026.96	12	179.63
6	162.20	13	245.38
7	518.61	Σ	6404.16



Graf 4 Celkový erozní smyv v KPo

5.2.2 Erozní smyv v erozně uzavřených celcích LPIS

Půda ve zkoumaných KÚ je využívána různě (Graf 5, Graf 6, Graf 7). Nejohroženější půda je standardní orná (SOP). Právě ta je hojně zastoupena obzvláště v KÚ Fryčovice. Ohroženy jsou však i půdy s trvalým travním porostem (TTP), či plochy ovocných sadů (OS). Proto pro představu o erozní činnosti v zájmové lokalitě byla dále provedena analýza tzv. erozně uzavřených celků. Jde o uzavřené, ničím nepřerušené bloky LPIS, jejichž plocha je větší, než 2 hektary. Právě na těchto blocích už začíná být eroze opět významná a neopomenutelná.



Graf 5 Využití ploch v KÚ Fryčovice

Zastoupení ploch v KÚ Rychaltice



Graf 6 Využití ploch v KÚ Rychaltice

Zastoupení ploch v KÚ Sklenov



Graf 7 Využití ploch v KÚ Sklenov

Průměrné hodnoty ročního erozního smyvu byly opět vyčísleny pomocí funkce *Zonal Statistics as Table* z mapy eroze. Rozděleny jsou do tří tabulek podle typu LPIS a jsou seřazeny sestupně. (Tab. 17, Tab. 18, Tab. 19)

Tab. 17 Průměrné G na EUC-SOP

LPIS (ZKOD)	Plocha [ha]	Kultura	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	LPIS (ZKOD)	Plocha [ha]	Kultura	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
7109/3	9.73	SOP	13.62	7101/3	6.59	SOP	6.45
6106/10	28.30	SOP	13.28	4201	8.83	SOP	6.39
6203/8	22.68	SOP	13.28	5101/1	24.41	SOP	6.38
6304/7	32.49	SOP	13.10	5802/1	4.10	SOP	6.36
7301/22	10.74	SOP	12.75	8001/8	13.64	SOP	6.23
6302/5	5.57	SOP	12.50	4803/14	2.63	SOP	6.22
7301/40	23.60	SOP	12.13	5001/2	5.86	SOP	6.01
6701/15	17.19	SOP	11.94	5005/18	6.71	SOP	5.87
5203/1	9.29	SOP	11.60	6203/7	23.95	SOP	5.79
6203/3	2.01	SOP	10.91	6701/9	9.31	SOP	5.65
5809/5	15.07	SOP	10.41	7904/14	97.2	SOP	5.61
5201/1	4.97	SOP	10.24	6802/6	10.32	SOP	5.56
5809/4	9.33	SOP	10.23	4903/4	5.65	SOP	5.52
8501/7	22.74	SOP	9.75	7904/23	12.63	SOP	5.47
7003	2.08	SOP	9.68	4903/8	6.59	SOP	5.34
7402/2	9.76	SOP	9.29	5005/13	61.74	SOP	5.33
7301/33	12.20	SOP	9.13	7102/11	17.37	SOP	5.32
7104/1	2.88	SOP	9.03	4803/12	4.05	SOP	5.28
7904/6	7.62	SOP	9.01	5005/17	2.47	SOP	5.17
6202/4	20.36	SOP	8.95	4901/1	11.71	SOP	5.13
6701/22	13.10	SOP	8.93	7904/28	31.96	SOP	4.89
7904/13	2.57	SOP	8.84	7503/3	9.52	SOP	4.78
6701/1	21.34	SOP	8.83	8705/2	4.68	SOP	4.74
8302/10	15.34	SOP	8.70	4901/3	3.57	SOP	4.64
5003	4.29	SOP	8.66	8102/9	11.64	SOP	4.50
8102/10	39.99	SOP	8.59	7904/33	11.64	SOP	4.47
4903/3	2.48	SOP	8.59	7904/21	9.98	SOP	4.43
7001/1	2.17	SOP	8.57	4803/11	13.28	SOP	4.42
7103/1	4.07	SOP	8.41	5802/8	32.57	SOP	4.42
6701/14	16.78	SOP	8.29	4803/10	11.80	SOP	4.38
6701/4	2.48	SOP	8.04	9101/1	9.80	SOP	4.34
8001/7	19.74	SOP	8.02	6101	2.57	SOP	4.25
7904/7	6.39	SOP	8.02	5005/2	23.35	SOP	4.17
8705/1	10.21	SOP	8.02	8001/1	8.54	SOP	4.14
6103	6.88	SOP	7.82	5910/2	4.47	SOP	4.02
8001/9	22.51	SOP	7.81	5004/2	13.68	SOP	3.96
5809/3	9.00	SOP	7.72	7904/30	9.83	SOP	3.92
6105/1	27.79	SOP	7.62	7301/15	19.89	SOP	3.88
6106/15	8.91	SOP	7.45	6904/3	9.87	SOP	3.57
5001/1	12.81	SOP	7.02	8001/5	2.03	SOP	3.26
6802/2	10.82	SOP	6.94	7904/20	2.98	SOP	2.94
7904/8	2.21	SOP	6.89	4903/7	3.56	SOP	2.87
4901/2	13.11	SOP	6.88	6701/7	2.13	SOP	2.31
6106/8	6.35	SOP	6.85	6102/7	3.52	SOP	1.83
6106/7	6.96	SOP	6.72	6104	3.72	SOP	1.10
5005/11	2.71	SOP	6.56	5702/1	8.76	SOP	1.02

Tab. 18 Průměrné G na EUC-TTP

LPIS (ZKOD)	Plocha [ha]	Kultura	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]	LPIS (ZKOD)	Plocha [ha]	Kultura	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
8401/3	2.52	TTP	19.33	7301/39	2.99	TTP	8.72
8501/9	31.87	TTP	18.19	6503/1	2.22	TTP	8.36
7301/30	8.81	TTP	17.67	6202/12	3.87	TTP	8.25
7301/38	26.24	TTP	17.51	6802/8	5.85	TTP	8.12
8302/7	8.34	TTP	17.10	5802/6	6.6	TTP	7.83
7301/29	5.73	TTP	16.87	8101/1	4.98	TTP	7.75
8501/11	14.95	TTP	15.46	6203/10	8.18	TTP	7.28
6302/1	4.37	TTP	14.48	6304/9	4.15	TTP	7.15
7301/2	51.3	TTP	13.58	8501/8	2.24	TTP	7.10
6508/2	3.09	TTP	13.58	6701/21	7.55	TTP	5.84
7301/12	17.46	TTP	13.21	8001/10	2.62	TTP	5.56
7301/37	9.69	TTP	12.52	7502/3	6.93	TTP	5.43
7405/1	8.91	TTP	12.01	6802/4	9.43	TTP	5.05
6701/12	29.79	TTP	11.79	7904/9	2.61	TTP	4.66
5202/1	2.66	TTP	11.74	6203/9	2.24	TTP	4.62
8405/1	3.08	TTP	11.54	8001/6	2.12	TTP	3.98
7904/12	10.62	TTP	11.13	7408/1	5.33	TTP	3.78
7301/34	5.12	TTP	11.13	7601	2.64	TTP	2.31
8305/1	9.89	TTP	9.61	5501/2	6.69	TTP	1.30
7904/32	6.15	TTP	9.34	6402/2	3.26	TTP	1.15
8501/4	18.07	TTP	9.24	7302/4	2.91	TTP	1.02
6304/2	7.31	TTP	9.14	5401	2.07	TTP	0.94
7904/15	10.05	TTP	8.73	6504	4.21	TTP	0.90

Tab. 19 Průměrné G na EUC-OS a TP na OP

LPIS (ZKOD)	Plocha [ha]	Kultura	G [t.ha ⁻¹ .rok ⁻¹]
7102/7	3.88	OS	6.94
8102/11	2.23	OS	4.30
7102/10	3.48	OS	3.02
8202/2	4.12	TP na OP	10.46
8001/3	2.48	TP na OP	3.44

Uvedené tabulky opět potvrzují, že převážná většina lokality je ohrožena vodní plošnou erozí. Jen ve výjimečných případech plochy větší, než 2 ha nepřesahují doporučenou mez erozního smyvu 4 t.ha⁻¹.rok⁻¹.

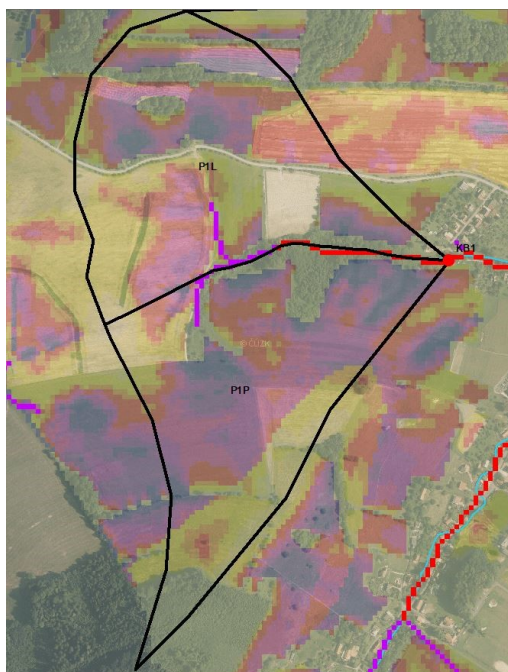
5.3 Vyhodnocení vybraných kritických míst a jejich přispívajících ploch

V předchozích kapitolách byla provedena plošná analýza celé zájmové oblasti. V této kapitole jsou podrobněji rozebrány konkrétní KPo. Z důvodu rozsahu bakalářské práce byly vybrány pouze ty KPo, které se jeví jako nejkritičtější a nejohroženější. Zbylé KPo jsou možné vidět na fotografiích, pořízených při řadě terénních průzkumů (Příloha B).

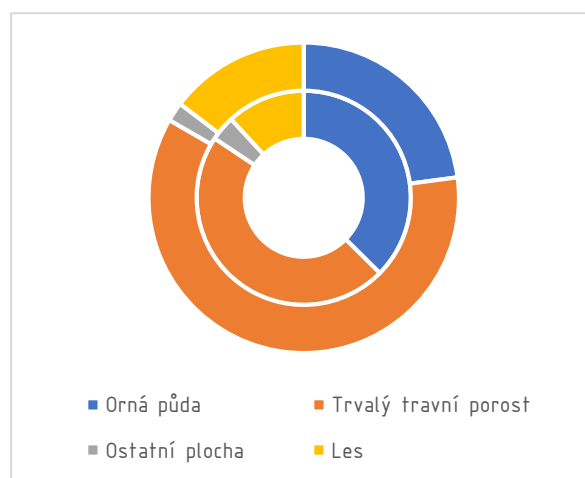
Pro účel vyjádření poměru využití ploch v jednotlivých KPo je užito dvou prstencovitých grafů, kde vnitřní prstenec znázorňuje levou část subpovodí, ten venkovní prstenec pak část pravou.

5.3.1 KPo1

KB1 a jeho PP tvoří nejnižnější KPo řešeného území. PP činí 53.07 ha a dominuje na ní TTP (Graf 8). Orná půda, která má v KPo výměru 12.15 ha je s oblibou využívána pro pěstování kukuřice – plodiny, která je jedna z nejhorších z pohledu ochrany půdy před erozí. Mnohem náchylnější k plošné vodní erozi je pravý svah (Obr. 11). Průměrná dlouhodobá ztráta půdy v KPo1 je $G=12.35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Tab. 15).



Obr. 11 KPo1



Graf 8 Využití ploch v KPo1

DSO v tomto případě přechází v potůček, který v letním bezdeštném období téměř vysychá. Tok přírodně meandruje (Obr. 12) až do KB, jímž je poměrně nový, betonový mostek s obdélníkovým průřezem o rozměrech 1250x750 mm (Obr. 13). Ten má převést dle výpočtů průtok $Q_N = 3.68 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Jeho kapacita je ještě o něco větší, takže návrhovou

povodňovou vlnu (průběh patrný z přílohy A – Graf 1) o objemu $W_{PVT}=117\,000\text{ m}^3$ (Tab. 20) převede bez toho, aniž by došlo k jeho zahlcení a tím vybřežení bahnité vody na zahrady přilehlých domů. Ještě 2 roky zpátky byl na stejném místě pouze malý propustek, který způsoboval místním zmíněné komplikace. Dobře odvedenou práci při výstavbě mostku však okamžitě zastírá napřímené lichoběžníkové koryto potoka za ním (Obr. 14). To je totiž hraniční pro převedení Q_{kap} (Tab. 13) samo o sobě a k tomu je dlouhodobě neudržované. Je zanesené sedimenty a enormně zarostlé stromy a keři, což značně snižuje jeho kapacitu. Navíc cca 100 metrů je za novým mostkem další lávka (Obr. 15), která nemá šanci převést návrhový průtok. Takže v případě další návrhové stoleté povodně je dost pravděpodobné, že voda spolu s erodovanou půdou skončí na krásně upravených zahradách místních obyvatel.

Z analýzy plyne, že KPo1 je rozhodující jak z pohledu tvorby povrchového odtoku a transportu splavenin, tak z hlediska ohrožení majetku lidí. Doporučil bych tedy minimálně důkladně vyčistit koryto potoka. Zvětšit kapacitu koryta pod druhým mostkem například jeho vyvýšením nad terén (slouží jen pro pěší). Ornou půdu na kopci KPo1 by bylo vhodné zatravnit tak, jak tomu bylo 7 let zpátky. Pro zadržení vody v kritickém povodí by bylo potřeba udělat technická opatření, to však není předmětem této bakalářské práce.

Tab. 20 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB1

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	1.09	1.55	2.14	2.95	3.68	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
W_{PVT}	6.22	7.43	8.75	10.3	11.7	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$
$W_{PVT,1d}$	12.8	14.9	16.5	18.1	19.6	$[10^3 \cdot \text{m}^3]$



Obr. 12 Koryto před KB1



Obr. 13 KB1 – mostek



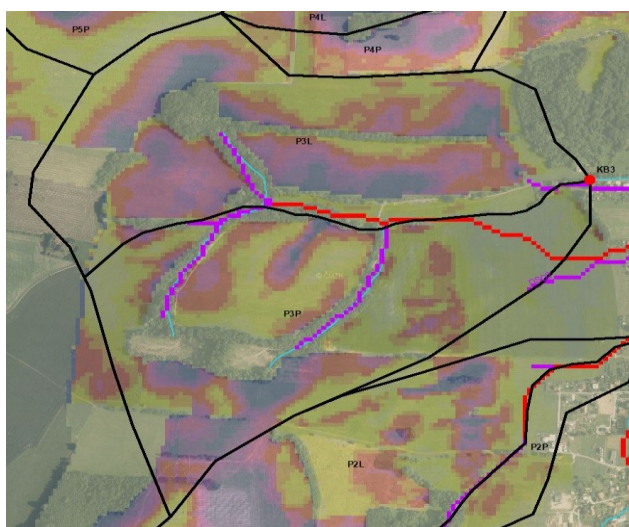
Obr. 14 Koryto potoka za KB1



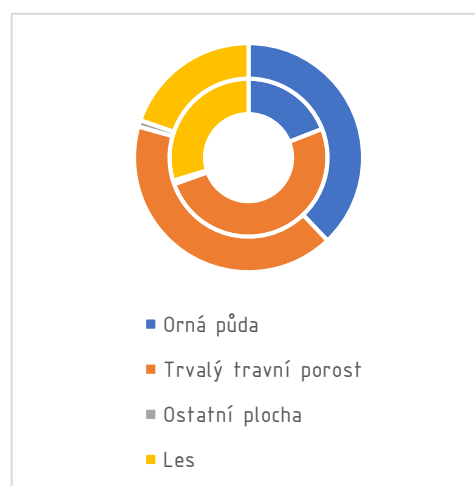
Obr. 15 Lávka dále po toku – další KB

5.3.2 KPo3

KPo3 se rozprostírá na východní straně řeky Ondřejnice. Levý svah PP nepatrně zasahuje do KÚ Hájev. Výměra KPo3 má 93.88 ha. Je tvořena 43 hektary a téměř 27 hektary orné půdy (Graf 9).



Obr. 16 KPo3



Graf 9 Využití ploch v KPo3

Povodí je silně erozně ohrožené, průměrný erozní smyv činí $9.92 \text{ t.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Celkový erozní smyv na ploše činí $G=931.25 \text{ t.rok}^{-1}$. Pozitivní je, že nejvíce ohroženými plochami erozí jsou louky, a ne orná půda (Obr. 16).

Drah soustředěného odtoku s PP větší, než 5 ha je v KPo3 hned několik, přičemž ve všech případech jde o vzniklé potoky. Jejich okolí je zalesněno. Potoky se sbíhají do jednoho většího (Obr. 18), který následně teče do Ondřejnice. Kritickým bodem na tomto potoku je betonový propustek pod komunikací (Obr. 17), který má DN1000 a jeho kapacitní průtok byl spočten na $4.83 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Návrhový průtok je však stanoven na $Q_N=8.69 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (Tab. 21). Je tedy téměř 2x menší, než by měl být a povodňovou vlnu o objemu $45\,300 \text{ m}^3$ bezpečně nepřevede. Přitom se těsně před ním sbíhají dvě koryta, kde jedno probíhá také betonovým propustkem DN1000. Na propustek navazuje betonové lichoběžníkové koryto s dostatečnou kapacitou. Koryto je až na výjimky čisté a nezanesené (Obr. 19).

Z analýzy plyne, že větší DSO v tomto povodí erozní rýhy nevytváří. Voda je díky zalesnění kolem toků v místní krajině relativně zadržována. KB však není dostatečně zabezpečen proti návrhové povodni. Při zahlcení propustku by mohlo dojít k přímému odtoku po asfaltové komunikaci (Obr. 20) přímo do obce. Řešením by mohlo být zkapacitnění propustku, nebo například výstavba bezpečnostní suché nádrže.

Průběh povodňové vlny v čase je možno vidět v příloze A – Graf 2.

Tab. 21 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB3

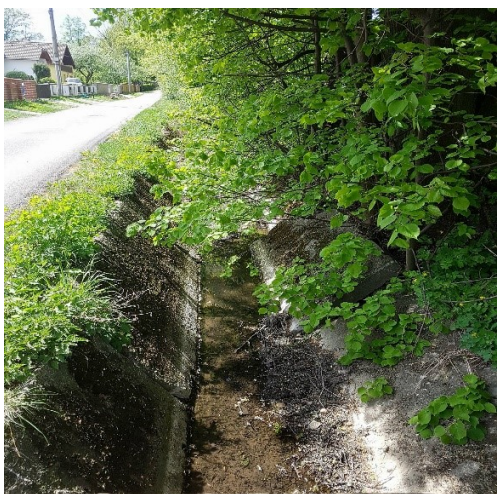
N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	2.39	3.48	4.88	6.98	8.69	$[\text{m}^3.\text{s}^{-1}]$
W_{PVT}	13	15.7	18.7	21.9	25	$[10^3.\text{m}^3]$
$W_{PVT,1d}$	27.9	32.6	36.7	41.2	45.3	$[10^3.\text{m}^3]$



Obr. 17 KB3 – propustek



Obr. 18 Soutok dvou DSO před KB3



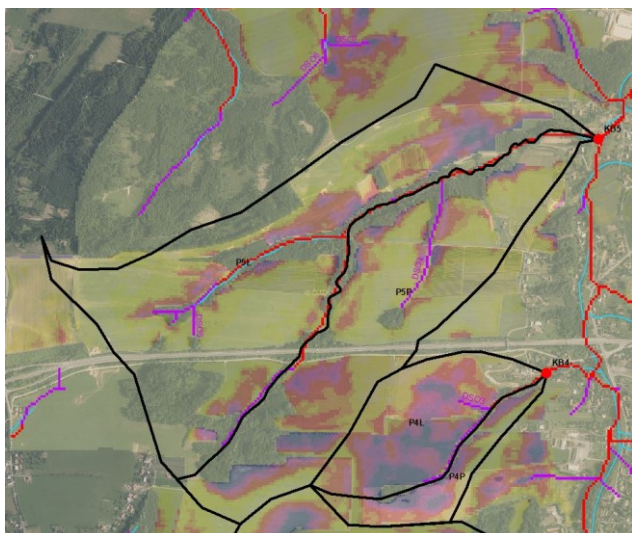
Obr. 19 Lichoběžníkové koryto za KB3



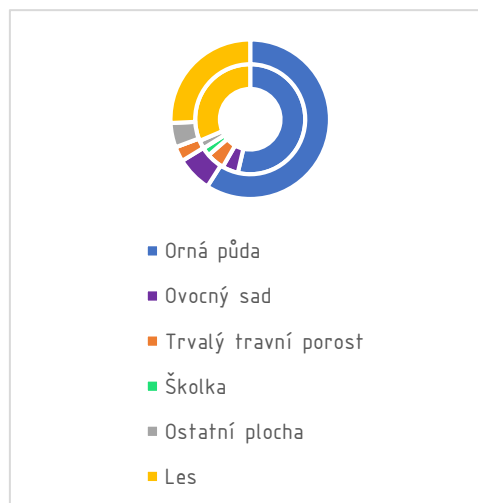
Obr. 20 Asfaltová cesta u KB3

5.3.3 KPo5

Kritické povodí, kde se KB nachází v KÚ Fryčovice, ale většina jeho PP je v KÚ Sklenov. KPo5 je druhé největší KPo v zájmové lokalitě. Jeho výměra je 177.37 ha a více než polovina území je zemědělsky využívána (Graf 10). Orná půda je zde zastoupena 100 hektary. Nachází se zde také 10 ha jabloňových sadů. KPo5 není ohroženo erozí na všech místech (Obr. 21). Ohroženy jsou jen některé plochy a průměrný roční erozní smyv je $G=5.79 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Na tak velkém subpovodí to však udělá 1026.96 tun za rok. Z pohledu celkového erozního smyvu je tedy toto povodí tím nejhorším. Číslo je to opravdu velké a nemělo by zůstat bez povšimnutí, obzvlášť vezmeme-li v úvahu zastoupení orné půdy.



Obr. 21 KPo5



Graf 10 Využití ploch v KPo5

Drah soustředěného odtoku s PP větší, než 5 ha je opět více. Ta nejdelší (délka cca 1 km) je po celé své délce zalesněna a v jejím okolí se díky malému sklonu tvoří bažiny. U dalších dvou je provedeno opatření zalesněním, resp. zatravněním jejího pásu (Obr. 25). Všechny DSO se sbíhají do jednoho potoka, který je po celé délce zalesněn a přitéká k zástavbě Fryčovic (Obr. 22). Kritickým bodem je mostek (Obr. 23), jež slouží pro přístup k RD č.p. 164. Mostek je dřevěný a není dostatečně zakotvený. Nachází se navíc těsně před ostrou levotočivou zatáčkou potoka. Koryto potoka je v tomto místě malé a plytké a pozvolna přechází v zahrady oplocenými vzrostlými tujemi. Zhruba 150 metrů dále po toku je koryto již betonové s obdélníkovým průřezem.

Návrhový dešťový průtok je spočten na $Q_N=13.02 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. Objem povodňové vlny činí 88 600 m^3 (Tab. 22). Je pravděpodobné, že hodnota bude o něco nižší díky přírodním močálům a lesům v okolí přispívajících potoků. Přesto ale toto množství vody koryto potoka u dřevěného mostku není schopno pojmout. Dá se předpokládat, že se potok rozleje a využije zahrady jako jakési své bermy. Většina bahnité vody by následně pokračovala dále zmíněným betonovým korytem, které má však u mostku (Obr. 24), kapacitu $9.70 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. V nejhorším případě by právě v tomto místě mohlo dojít k obrovskému problému, kdy by tak silná voda smetla dřevěný mostek, nebo betonový panel koryta, který by se zde zaklínil a stal se bariérou. Řeka Ondřejnice je už blízko těmto KB a část vyběžená voda by tedy vzápětí stékala do ní. Přesto by však tzv. blátotok napáchal místním velké škody.

Z analýzy KPo5 plyne, že je rozhodně na čem v lokalitě zapracovat. Ať už jde o zkapacitnění koryta v KB, či o změně využití ploch, které jsou erozně ohrožovány nejvíce. Návrhové hydrogramy jsou znázorněny v příloze A – Graf 3.

Tab. 22 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB5

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	4.35	6.36	9.1	13.2	16.8	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	28.8	34.8	41.6	50	56.5	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	54	63.2	71.5	80.6	88.6	$[10^3 \cdot m^3]$



Obr. 22 Přítok ke KB5



Obr. 23 KB5



Obr. 24 Betonové koryto a mostek za KB5



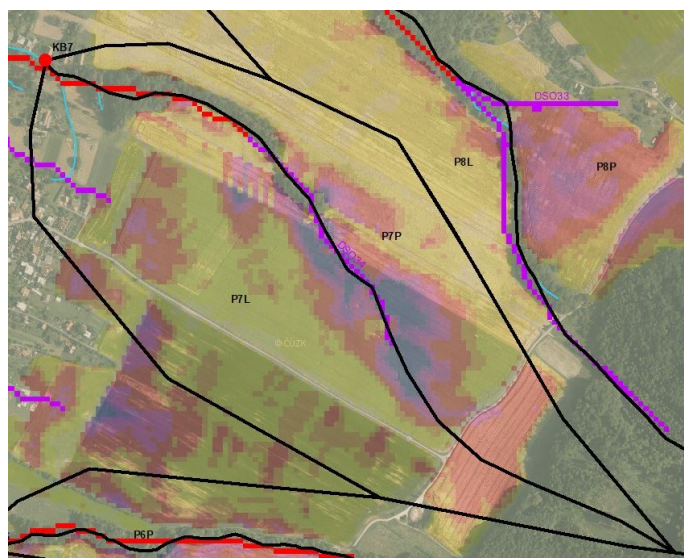
Obr. 25 Zatravněná DS04

5.3.4 KPo 7

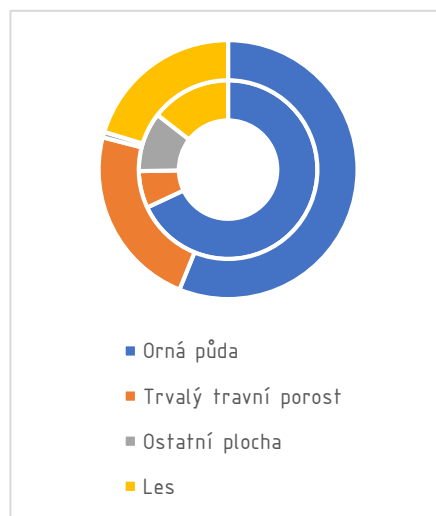
Jde o povodí, které se celé nachází v KÚ Rychaltice. Jeho rozloha čítá 62.48 ha a opět jsou oba svahy PP většinou tvořeny ornou půdou (Graf 11). Právě plochy s ornou půdou

jsou v tomto KPo ohroženy nejvíce (Obr. 26). Ohrožená pole obklopují celou údolnici, jež je v lokalitě dobře viditelná (Obr. 27). Průměrný roční erozní smyv v KPo7 je $8.30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Hodnota celkového erozního smyvu je pak spočítaná na $G=518.16 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$. Je to velké množství půdy, která není nijak zvlášť chráněna, a tedy odplavována po svazích do údolní nivy. Údolní niva je stejně jako zbytek pole bezostyšně využívána k pěstování zemědělských plodin (Obr. 27).

V posledních letech jde zejména o Brukev řepku (neboli řepku olejku), která je pro dosažení svého produkčního věku opravdu hojně chemicky ošetřována.



Obr. 26 KPo7



Graf 11 Využití ploch v KPo7

DSO je v tomto KPo jen jedna, ale o to výraznější. Tvoří se v údolní nivě mezi polními lány. Pole je odvodněno systémem vybudovaným před desítky let. Částečně funguje a odvádí akumulovanou vodu níže do lesíku (Obr. 28), kde dále pokračuje po povrchu už formou potoku. DSO v orné půdě není jinak ošetřena, což má za důsledek tvorbu efemerní rýhy. Vytvořená rýha je dobře viditelná z leteckých snímků serveru seznam.cz (Obr. 29). Vzniklý potok obklopen lesíkem směřuje do intravilánu obce po povrchu až do KB7. Tím je místo jeho zatrubnění (Obr. 30). Návrhový průtok byl spočten na $Q_N=6.44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Tab. 23). Kapacita betonového potrubí DN900, jímž pokračuje cca 150 metrů dále do řeky Ondřejnice, je $3.89 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Velikost zatrubnění tedy není dostatečná, navíc je koryto před ním zaneseno. V případě velkého deště lze předpokládat, že KB7 bezpečně vodu spolu s erodovanou půdou nepřevede. V bezprostřední blízkosti KB7 se nachází několik nechráněných RD – ty by byly v případě kolize zasaženy nejvíce.

Z analýzy plyne, že KPo7 je nebezpečné z pohledu eroze půdy, z pohledu jakosti vod i z pohledu ochrany majetku před návrhovou povodní. Doporučoval bych minimálně zatravnění DSO 34 po celé její délce v orné půdě (Obr. 7). Šířka opatření 20 m je v tomto případě opravdu nutným minimem. Pro ochranu půdy před vodní erozí by bylo vhodné zatravnit, nebo lépe zalesnit pás v okolí údolnice o šířce cca 150 metrů, a tím zároveň vytvořit biokoridor pro místní početné skupiny divoké zvěře.

Dále je pro ochranu půdy a jakosti vod vhodné na orné půdě přispívajících ploch pěstovat jiné plodiny s lepším kořenovým systémem, které zároveň ke svému růstu nepotřebují takové množství pro organismy nebezpečných hnojiv. Pro ochranu majetku před případnou povodňovou vlnou o spočteném objemu 32 000 m³ (Tab. 23) by bylo zapotřebí navrhnout opatření technického rázu.

Průběh povodňové vlny v čase je možné vidět v příloze A – Graf 4.

Tab. 23 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB7

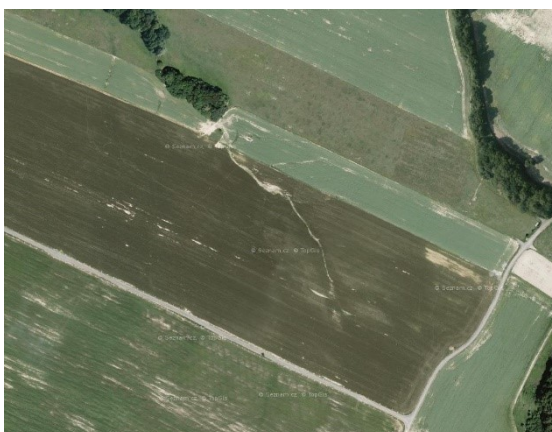
N-leté maximální průtoky a objemy PV			Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
N	doba opakování					[roky]
5	Q_{\max}	maximální průtok	1.91	0.57	1.34	[m ³ .s ⁻¹]
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	7.75	4.29	3.46	[10 ³ .m ³]
	$W_{\text{PVT},1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d5}	19.50	11.20	8.32	[10 ³ .m ³]
10	Q_{\max}	maximální průtok	2.73	0.86	1.88	[m ³ .s ⁻¹]
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	9.52	5.24	4.28	[10 ³ .m ³]
	$W_{\text{PVT},1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d10}	22.80	13.00	9.73	[10 ³ .m ³]
20	Q_{\max}	maximální průtok	3.69	1.28	2.41	[m ³ .s ⁻¹]
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	11.80	6.40	5.35	[10 ³ .m ³]
	$W_{\text{PVT},1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d20}	25.80	14.70	11.10	[10 ³ .m ³]
50	Q_{\max}	maximální průtok	5.18	2.00	3.18	[m ³ .s ⁻¹]
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	14.90	8.01	6.86	[10 ³ .m ³]
	$W_{\text{PVT},1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d50}	29.10	16.50	12.70	[10 ³ .m ³]
100	Q_{\max}	maximální průtok	6.44	3.62	2.76	[m ³ .s ⁻¹]
	W_{PVT}	objem povodňové vlny PV	20.00	10.90	9.12	[10 ³ .m ³]
	$W_{\text{PVT},1d}$	objem PV vyvolaný H_{1d100}	32.00	18.00	14.00	[10 ³ .m ³]



Obr. 27 DSO 34 – obdělávaná údolnice



Obr. 28 Vyústění odvodnění – vznik potoka



Obr. 29 DSO 34 – pohled z ptačí perspektivy

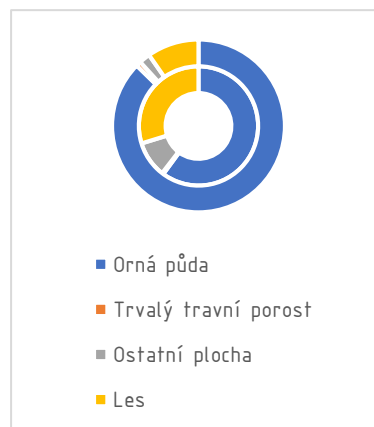
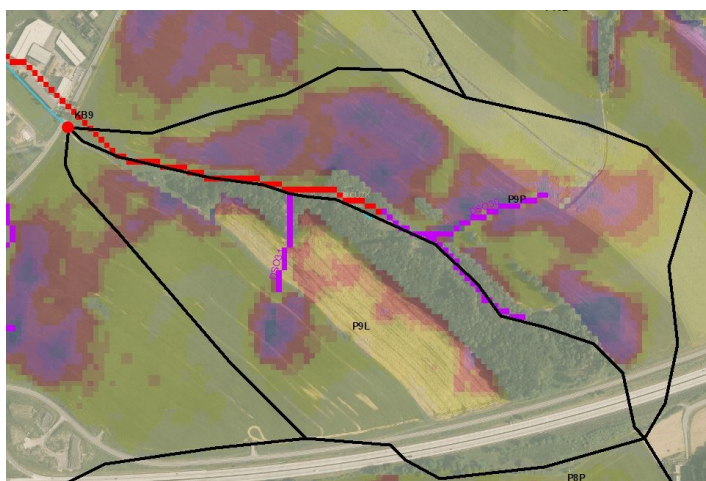


Obr. 30 KB7 – zatrubnění potoka

5.3.5 KPo9

Dalším z vybraných kritických povodí je KPo9. Nachází se v KÚ Fryčovice. 41.75 ha z celkových 57.21 ha je využíváno jako orná půda (Graf 12). Plodin, jež se střídají na svazích nekonečných lánů (Obr. 32), je více. V létě je na svazích řepka ozimá a na podzim zde často bývá tzv. řepka olejná. Erozi je ohrožován zejména svah pravý (Obr. 31). Oderodovaná půda se má navíc možnost akumulovat na jeho jižní části. Průměrný roční erozní smyv činí $7.31 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což překračuje přípustnou hodnotu $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ téměř dvojnásobně. Rozsáhlé lány jsou nejen erozně ohrožované, ale také jsou nevzhledné, krajinářsky nevhodné.

DSO jsou v KPo9 celkem 3. Dvě z nich (DS030 a DS031) jsou přímo v orné půdě každoročně obdělávány. Potůček, jenž v KPo9 pramení, je třetí DSO, do které ústí dvě zmíněné DSO. Okolí potoka je zalesněno.



Graf 12 Využití ploch v KPo9

Obr. 31 KPo9

KB9 se nachází u autobusové zastávky „Fryčovice, Uhelný průzkum“. Kritické místo je hlavní komunikace II. třídy č. 486, přes kterou má být převeden návrhový dešťový průtok $Q_N = 7.58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Tab. 24). Určeny jsou k tomu dva nové betonové propustky DN900 na potoku (Obr. 33). Jejich kapacita je spočtena na $Q = 7.78 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Propustky tedy návrhový průtok Q_N převedou, avšak problémem je, že jižní části přispívajících ploch dostatečně neumožňují spadlou dešťovou vodu do potoka akumulovat. Vodu z jižní části P9L má do potoku rádobý svězt malá PVC trubka, která jak moc je zanesená, nejde téměř vidět (Obr. 34). Jižní část P9P není opatřena ani trubkou, takže tzv. blátotok má řekněme zelenou k vniknutí na hlavní pozemní komunikaci (Obr. 35). V případě velkého dešťového úhrnu by tak mohl způsobit škodu nejen obci, ale i společnosti T-metal s.r.o., která se nachází bezprostředně za komunikací.

Z analýzy vyplývá, že KPo9 je rozhodně dalším z kritických povodí. Zejména na pravém svahu PP by měly být navrženy protierozní opatření, začínaje u opatření organizačního charakteru, končívaje u opatření charakteru technického. Zatravnění DS030 a DS031 je zmíněno již v kapitole 5.1.1. Kapacita propustky pod komunikací je dostatečná pro bezpečné převedení povodně a je tedy pouze nutné srážkovou vodu za pomoci technických opatření svést do koryta potoku zavčas.



Obr. 32 Rozsáhlé pole KPo9



Obr. 33 KB9 – propustek



Obr. 34 Svodná PVC trubka v jižní části P9L



Obr. 35 Jižní část P9P

Průběh povodňové vlny v čase je patrný z přílohy A – Graf 5.

Tab. 24 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB9

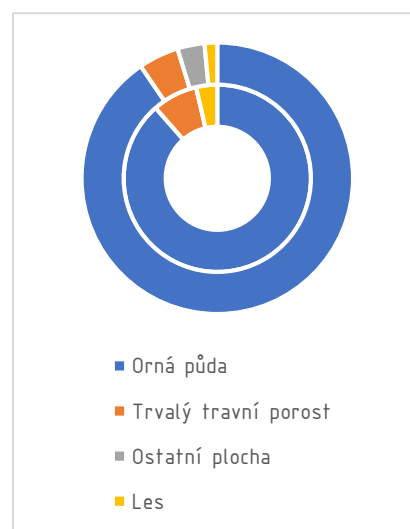
N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	1.94	2.84	4.08	5.94	7.58	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
W_{PVT}	8.61	10.4	12.5	15.2	17.7	$[10^3 \cdot m^3]$
$W_{PVT,1d}$	18.6	21.8	24.7	28	30.9	$[10^3 \cdot m^3]$

5.3.6 KPo 11

Posledním z detailněji analyzovaných kritických míst je KPo11. Jde o povodí, jež se téměř celé rozkládá na rozlehlých fryčovických polích. 55 z 61 hektarů tvoří obrovské plochy orné půdy (Graf 13), na kterých navíc místní zemědělské farmy s oblibou pěstují kukuřici a řepku (Obr. 37). Průměrný smyv v KPo11 je $5.91 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, což přípustnou mez překračuje jen zlehka, ale přeci. 362.78 tun ročně je číslo celkového erozního smyvu v KPo11, a to není číslo zanedbatelné. Plošnou vodní erozí je více ohrožena P11P (Obr. 36).



Obr. 36 KPo11



Graf 13 Využití půdy v KPo11

DSO s PP větší než 5 ha jsou v Kpo11 tři. Dvě z nich přímo v orné půdě. Třetí dráhou soustředěného odtoku je malý potok, kolem něhož je cca 10metrový pás doprovodného porostu (Obr. 38). Na počátku tohoto potoka je malá vodní nádrž, která zadržuje vodu z okolí. Potok postupně směřuje údolnicí do řeky Ondřejnice, avšak 100 metrů před zaústěním do ní se nachází KB č. 11. Tím je betonový propustek DN1000 pod asfaltovou komunikací (Obr. 39), která je využívána jako příjezdová. Spočítaná kapacita propustku je $Q_{kap}=4.83 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Návrhový průtok při přívalové srážce je 2x větší – $Q_N=10.10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Propustek tedy ani zdaleka nepřeveďe povodňovou vlnu o objemu $42\,700 \text{ m}^3$ (Tab. 25), jejíž průběh je patrný z přílohy A – Grafu 6. V případě stoletého deště by koryto potoka, které je jak před, tak za propustkem poměrně kapacitní (Obr. 40), srážkový úhrn převedlo. Zahlcením propustku by však voda s oderodovanou půdou dotekla do Ondřejnice svou cestou. Tento scénář by majitele rodinných domků v bezprostřední blízkosti asi nepotěšil.

Z analýzy vyplývá, že i v KPo3 by bylo na místě provést řadu opatření, která by pomohla k zabránění popsanych problémů. Jedním z nich by mohlo být zatravnění DS014 a DS015 (kapitola 5.1.1), dalším pak například zvětšení objemu nádrže, která by mohla sloužit jako nádrž ochranná. Rozčleněním rozsáhlých pozemků, střídáním pěstovaných plodin a podobně by se lokalita stala nejen méně ohroženou vůči erozi, ale taky přírodní krajině bližší.



Obr. 37 Rozsáhlá plocha orné půdy KPo11



Obr. 38 Doprovodný porost kolem potoka



Obr. 39 KB11 – propustek pod komunikací



Obr. 40 Koryto potoka za KB11

Tab. 25 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB11

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q_N	2.57	3.76	5.4	7.9	10.1	[m ³ .s ⁻¹]
W_{PVT}	12.9	15.5	18.7	22.6	25.7	[10 ³ .m ³]
$W_{PVT,1d}$	25.3	29.6	33.7	38.6	42.7	[10 ³ .m ³]

6 Diskuse a závěr

K dosažení cíle této bakalářské práce jsem se nejprve důkladně seznámil s erozí jako takovou. Následně jsem se zaměřil pouze na vodní erozi, její příčiny a důsledky. Poté jsem provedl detailní charakteristiku řešeného území a za použití počítačových systémů ArcGIS aj. jsem provedl modelovou analýzu. Tu jsem ověřil, respektive doplnil terénním průzkumem a dopracoval se tak k řadě zajímavých výsledků.

Celkový erozní smyv 1 394 735 t.rok⁻¹, 13 nebezpečných kritických bodů, 14 kritických povodí, 34 drah soustředěného odtoku v orné půdě – to vše naznačuje, že řešená část území povodí Ondřejnice je absencí protierozních opatření silně ohrožena vodní erozí při každém větším dešti. Mimo jiné je díky nedostatečné ochraně proti nárazovým dešťovým srážkám ohrožen majetek řady lidí.

Na řešené území se mi ani za pomoci starostů obou obcí nepodařilo dohledat žádnou podobnou studii, či komplexní práci. Mnou vypracovanou analýzu jsem tedy porovnal pouze se zkušenostmi a vzpomínkami místních. Jako příklad mohu uvést slova dlouholeté obyvateľky: „*Voda, co voda, ale bláto! se tady z toho potoka rozleje na všechny strany co druhý rok*“, která komentuje bezprostřední okolí KB4. Chodník před RD č.p. 21 v Krnalovicích (KPo9), který se každoročně proměňuje v blátivý vodní tok je dalším z mnoha příkladů, které potvrzují provedenou analýzu a které jsou k vidění v příloze B – fotodokumentace.

O tom, že při silných nárazových deštích se pozemky některých občanů Fryčovic proměňují v jezera, tuny oderodované půdy z místních lánů OP páchají škody a následně mizí ve vodních tocích, ví i pan starosta Fryčovic. Ukázal mi pár míst, která zužují obec běžně (například identifikované DSO 21 a DSO 28, které vnikají na komunikaci, nebo KB5, jehož úprava je předmětem projektu lesů ČR). O nevhodné situaci v obci ví a snaží se učinit kroky nezbytné k její nápravě.

Ke snížení důsledků erozní činnosti je zapotřebí v řešené lokalitě provést mnoho opatření (od agronomických po technické). Vzhledem ke skutečnostem by k tomu mohl být účinným nástrojem proces komplexních pozemkových úprav. Ten mimo jiné zahrnuje právě řešení problematiky eroze, či napomáhá ke zlepšení krajinného rázu. Tato bakalářská práce může být použita jako jeden z podkladů pro jeho zpracování.

Závěrem jen podotknu, že napravení je stejně jako přičinění v rukou nás – lidí.

Seznam použité literatury a jiných zdrojů

- [1] HOLÝ, Miroslav. *Protierozní ochrana*. Praha : SNTL, ALFA, 1978. 17-C3-IV-31/78116.
- [2] CHEN, Y., HE, B., ZHAO, X., ZHANG, L.,. Effect of soil erosion and water loss in farmland. *Journal of Iron and Steel Research, International*. 2010, ISSN 1006-706X.
- [3] QUINTON, John N., CATT, J.A. *Enrichment of heavy metals in sediment resulting from soil erosion on agricultural fields*. U.S., U.K. : American Chemical Society, 2007. Environ. Sci. Technol. 3495-3500. DOI 10.1021/es062147h.
- [4] LI, Zhiying ,FANG, Haiyan. Impacts of climate change on water erosion: A review. *Earth-Science Reviews*. 26. říjen 2016, ISSN 0012-8252, stránky 94-117.
- [5] LAL, Ratan. Accelerated Soil erosion as a source of atmospheric CO₂. [editor] E. Noellemeyer, X. Peng, D. E. Pinochet, J.M. Tisdall, O. Wendroth R. Horn. *Soil and Tillage Research*. 2018, ISSN 0167-1987.
- [6] PAGANOS, Panos , BORRELLI, Pasquale and others. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*. 2015, ISSN 1462-9011, stránky 438-447.
- [7] SUA, Xiaolei, NILSSON, Christer and others. Soil erosion and deposition in the new shorelines of the Three Gorges Reservoir. *Science of the Total Environment*. 2017, ISSN 0048-9697, stránky 599-600.
- [8] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. eAGRI. *Větrná eroze půdy*. [Online] c2009-2018. [Citace: 25. duben 2018.] <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vetrna-eroze-pudy/>.
- [9] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. eAGRI. *Vodní eroze půdy*. [Online] c2009-2018. [Citace: 25. duben 2018.] <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/vodni-eroze-pudy/>.
- [10] VÍTEJTE NA ZEMI. Eroze půdy. [Online] ESF, Cenia, c2013. [Citace: 25. duben 2018.] http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=eroze_pudy&site=puda.
- [11] MCCOOL, D.K., WILLIAMS, J.D. *Soil Erosion by Water, Encyclopedia of Ecology*. Amsterdam, The Netherlands : Elsevier B.V., 2008. 978-0-08-045405-4.
- [12] DUMBROVSKÝ, Miroslav. *Nepříznivé důsledky povrchového odtoku a jejich eliminace v procesu pozemkových úprav*. Brno : VUTIUM, 2013. ISSN 1213-418X.
- [13] ŠVEHLÍK, Rostislav. Stržová eroze na jižní moravě. [Online] [Citace: 25. duben 2018.] <https://kge.zcu.cz/geomorf/sbornik/texty02/svehlik.pdf>.
- [14] VERCRUYSE, Kim, GRABOWSKI, Robert C., RICKSON, R.J. Suspended sediment transport dynamics in rivers: Multi-scale drivers of temporal variation. *Earth-Science Reviews*. 2016, ISSN 0012-8252, stránky 38-52.
- [15] ŘÍDKÝ, Vojtěch. Stanovení kritických bodů a vyhodnocení stavu jejich přispívajících. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny., 2016.
- [16] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. [překl.] Ph.D., Ing. Martin Tomek RNDr. Pavel Novák. *Prevence a zmírňování následků přívalových povodní ve vztahu k působnosti obcí*. Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i, 2015. MMR-23458/2015-52.
- [17] HÁJEK, Daniel. Identifikace drah soustředěného povrchového odtoku a jejich. *bakalářská práce*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakultastavební, Ústav vodního hospodářství krajiny., 2013.

- [18] **MONITORING EROZE ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY.** *DETAIL události č. 682 hlášené dne 31.5.2016.* [Online] Státní pozemkový úřad, 2016. [Citace: 25. duben 2018.] http://me.vumop.cz/mapserv/monitor/udalost_detail.php?gid=682.
- [19] **JANEČEK, Miroslav a kol.** Ochrana zemědělské půdy před erozí. *Metodika.* Praha : Česká zemědělská univerzita, 2012. 978-80-87415-42-9.
- [20] **NOVOTNÝ, Ivan a kolektiv.** Příručka ochrany proti vodní erozi. Praha : Ministerstvo zemědělství, 2014. 978-80-87361-33-7.
- [21] **MANDAL, D., DATHWAL, K.S. and others.** Adjusted T values for conservation planning in Northwest Himalayas of India. *Journal of Soil and Water Conservation.* 2006, ISSN 0022-4561.
- [22] **USDA-NRCS.** *National Soil Survey Handbook.* Washington D.C. : U.S. Government printing office, 1999.
- [23] **VUMOP. BPEJ.** [Online] VÚMOP v.v.i., c2017. [Citace: 25. duben 2018.] <https://bpej.vumop.cz/>.
- [24] **ŠTEFEK, Petr.** Vyhodnocení využití území pro akumulaci povrchových vod výhledový lokality Hukvaldy. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Agronomická fakulta, ústav aplikované a krajinné ekologie, 2008.
- [25] **MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ.** eAGRI. *Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci Příl.2.* [Online] [Citace: 25. duben 2018.] <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/100163547.html>.
- [26] **MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ.** O aplikaci registr půdy. *EAGRI, Portál farmáře.* [Online] c2009-2018. [Citace: 25. duben 2018.] <http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/>.
- [27] **WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D.** Agriculture Handbook No.537, Science and Education Administration. *Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning.* Washington, D.C. : U.S. Dep. of Agriculture, 1978.
- [28] **JANEČEK, Miroslav a kol.** Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika. Praha : Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-254-0973-2.
- [29] **DUMBROVSKÝ, Miroslav.** Úprava odtokových poměrů v povodí. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2007.
- [30] **MONITORING EROZE ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY.** *Detail události č. 190 hlášené dne 6.3.2013.* [Online] Státní pozemkový úřad. [Citace: 25. duben 2018.] http://me.vumop.cz/mapserv/monitor/udalost_detail.php?gid=190.
- [31] **HYDROMELIORACE.** [Online] http://www.hydomeliorace.cz/projekty/ishms/mapserv/pomoc/i_hgspud_p.html.
- [32] **OBEC FRYČOVICE.** [Online] <http://www.frycovice.cz/>.
- [33] **OBEC HUKVALDY.** [Online] <http://www.hukvaldy.eu>.
- [34] **ČHMÚ.** [Online] <http://portal.chmi.cz/>.
- [35] **SEZNAM.CZ.** [Online] <https://www.seznam.cz>.

Použité zkratky

AM	ArcMap
BPEJ	Bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	Curve Number (číslo odtokové křivky)
ČR	Česká republika
ČHMU	Český hydrometeorologický ústav
DMT	Digitální model terénu
DSO	Dráha soustředěného odtoku
EUC	Erozně uzavřený celek
GIS	Geografický informační systém
HPJ	Hlavní půdní jednotka
HSP	Hydrologická skupina půd
KB	Kritický bod
KPo	Kritické povodí
KÚ	Katastrální území
LPIS	Registr využití zemědělské půdy
OP	Orná půda
OS	Ovocný sad
PP	Přispívající plocha
PV	Povodňová vlna
PVC	Polyvinylchlorid
PxP	Pravá část přispívající plochy č. x
PxL	Levá část přispívající plochy č. x
SOP	Standartní orná půda
TP	Travní porost
TTP	Trvalý travní porost
USLE	Univerzální rovnice ztráty půdy
VÚMOP	Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

Použité symboly

C	Chézyho rychlostní součinitel ($m^{0.5}.s^{-1}$)
G	Průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t.ha^{-1}.rok^{-1}$)
G _p	Přípustná průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t.ha^{-1}.rok^{-1}$)
H _{1dN}	Úhrn 24 hod. deště s dobou opakování N let (mm)
i	Sklon propustku (%)
i ₃₀	Maximální 30minutová intenzita deště ($cm.h^{-1}$)
Q _N	Návrhový průtok ($m^3.s^{-1}$)
Q _{KAP}	Kapacitní průtok ($m^3.s^{-1}$)
Q _{max}	Maximální průtok ($m^3.s^{-1}$)
R	Hydraulický poloměr (m)
S	Průtočná plocha (m^2)
W _{PVT}	Objem povodňové vlny (m^3)
W _{PVT,1d}	Objem pov. vlny vyvolaný návrhovým jednodenním sr. úhrnem (m^3)

Seznam obrázků

Obr. 1 Rýhová eroze v KÚ Sklenov	13
Obr. 2 Stržová eroze v KÚ Milotice u Kyjova [30]	13
Obr. 3 Kritický bod v KÚ Malý Ježov [18]	14
Obr. 4 Evidenční list operativního profilu	17
Obr. 5 Mapa hydrologické sítě s vyznačením KÚ	17
Obr. 6 Zatrávněné, zalesněné DSO v USA	30
Obr. 7 DSO v orné půdě	31
Obr. 8 Lokalizace kritických povodí – Severní část	32
Obr. 9 Lokalizace kritických povodí – Jižní část	32
Obr. 10 Mapa eroze	36
Obr. 11 KPo1	42
Obr. 12 Koryto před KB1	44
Obr. 13 KB1 – mostek	44
Obr. 14 Koryto potoka za KB1	44
Obr. 15 Lávka dále po toku – další KB	44
Obr. 16 KPo3	44
Obr. 17 KB3 – propustek	46
Obr. 18 Soutok dvou DSO před KB3	46
Obr. 19 Lichoběžníkové koryto za KB3	46
Obr. 20 Asfaltová cesta u KB3	46
Obr. 21 KPo5	47
Obr. 22 Přítok ke KB5	48
Obr. 23 KB5	48
Obr. 24 Betonové koryto a mostek za KB5	48
Obr. 25 Zatrávněná DSO4	48
Obr. 26 KPo7	49
Obr. 27 DSO 34 – obdělávaná údolnice	51
Obr. 28 Vyústění odvodnění – vznik potoka	51
Obr. 29 DSO 34 – pohled z ptačí perspektivy	51
Obr. 30 KB7 – zatrubnění potoka	51
Obr. 31 KPo9	52
Obr. 32 Rozsáhlé pole KPo9	53
Obr. 33 KB9 – propustek	53
Obr. 34 Svodná PVC trubka v jižní části P9L	53
Obr. 35 Jižní část P9P	53
Obr. 36 KPo11	54
Obr. 37 Rozsáhlá plocha orné půdy KPo11	55
Obr. 38 Doprovodný porost kolem potoka	55
Obr. 39 KB11 – propustek pod komunikací	55
Obr. 40 Koryto potoka za KB11	55

Seznam tabulek

Tab. 1 The guidelines for T value assignment [Pokyny pro přiřaz. hodnoty min. G] [22].	15
Tab. 2 Přípustná průměrná roční ztráta půdy Gp erozí podle hloubky [20].	15
Tab. 3 Zastoupení HPJ v oblasti.	19
Tab. 4 Hydrologické skupiny půd [9].	20
Tab. 5 Výměry využití půdy v jednotlivých KÚ.	21
Tab. 6 Vybrané hodnoty K – faktoru.	24
Tab. 7 Hodnoty C – faktorů pro kódy klimatických regionů [28].	25
Tab. 8 Hodnoty CN pro jednotlivé způsoby využití krajiny.	28
Tab. 9 Návrh stabilizace DSO v orné půdě.	30
Tab. 10 Velikost kritických povodí.	33
Tab. 11 Parametry HDSO.	33
Tab. 12 Průměrné sklony a čísla odtokových křivek CN jednotlivých subpovodí.	34
Tab. 13 Porovnání průtoků v KB.	35
Tab. 14 Klasifikace erozní ohroženosti.	35
Tab. 15 Průměrný roční erozní smyv v KPo.	37
Tab. 16 Celkový erozní smyv v KPo.	37
Tab. 17 Průměrné G na EUC-SOP.	40
Tab. 18 Průměrné G na EUC-TTP.	41
Tab. 19 Průměrné G na EUC-OS a TP na OP.	41
Tab. 20 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB1.	43
Tab. 21 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB3.	45
Tab. 22 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB5.	48
Tab. 23 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB7.	50
Tab. 24 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB9.	53
Tab. 25 Vypočtené základní charakteristiky přímého odtoku KB11.	55

Seznam grafů

Graf 1 Zastoupení HPJ v zájmové oblasti.	19
Graf 2 HSP a lesy v oblasti.	20
Graf 3 Využití ploch v zájmové oblasti.	21
Graf 4 Celkový erozní smyv v KPo.	38
Graf 5 Využití ploch v KÚ Fryčovice.	38
Graf 6 Využití ploch v KÚ Rychaltice.	39
Graf 7 Využití ploch v KÚ Sklenov.	39
Graf 8 Využití ploch v KPo1.	42
Graf 9 Využití ploch v KPo3.	44
Graf 10 Využití ploch v KPo5.	47
Graf 11 Využití ploch v KPo7.	49
Graf 12 Využití ploch v KPo9.	52
Graf 13 Využití půdy v KPo11.	54

Seznam příloh (CD)

A – Grafické a mapové přílohy

B – Fotodokumentace